

Les bases de la programmation sous PYTHON

PAR ERIC.HERBERT@U-PARIS.FR

Université Paris Cité

Résumé

Ce cours a pour but de vous permettre de produire, extraire et exploiter des données *via* le langage PYTHON. C'est un cours d'introduction permettant une prise en main autonome dans l'apprentissage des notions qui vous seront utiles. Les ressources sur internet et dans les bibliothèques sont pléthoriques, que ce soit pour des questions précises, des tutoriaux ou des cours complets.

Table des matières

1 Découverte de Python	2
1.1 Pourquoi Python ?	2
1.2 Lancer Python	2
1.3 Accéder aux données	3
1.4 Mon tout premier programme	3
1.5 Quelques bases rapides	4
1.5.1 Règles d'écriture	4
1.5.2 String (chaîne de caractères)	4
1.5.3 Interaction avec les listes	5
1.5.4 Bibliothèques	5
1.5.5 Extraire une fraction d'un tableau, d'une liste ou d'un vecteur	6
1.5.6 Débugage	7
1.6 Fonctions personnalisées	7
2 Importer et Exporter un fichier	9
2.1 Avec la bibliothèque <code>numpy</code>	9
2.2 Importer des données produites sous Excel	10
2.2.1 Fichiers csv	10
2.2.2 Fichiers Excel	11
3 Faire une figure	11
3.1 Introduction	13
3.2 Plus sophistiqué	13
3.2.1 Plot multiples	13
3.2.2 Histogrammes	13
3.2.3 Matrices	13
3.2.4 Affichage / Enregistrement	14
4 Les fonctions	14
4.1 Plus compliqué	15
5 Les boucles et vecteurs	15
5.1 Boucle <code>for</code>	17
5.2 Boucle <code>if</code>	17
5.3 Boucle <code>while</code>	18
5.4 Vecteurs	19
6 Un peu d'analyse statistique	19
6.1 Organiser ses données	21
6.2 Quelques fonctions statistiques	21

Les bases de la programmation sous Python

1 Découverte de Python

Python est un langage massivement utilisé pour toutes sortes d'applications, pour lequel une aide en ligne est facilement trouvable. Il est par ailleurs plus simple à apprendre que d'autres langages et constitue pour ces raisons une bonne base d'apprentissage.

1.1 Pourquoi Python ?

1. C'est un langage de script, il n'a pas besoin d'être compilé, il est interprété.
2. C'est un langage de très haut niveau, c'est à dire que son expression est au plus proche de la langue écrite (états-unienne, évidemment)
3. C'est un langage libre, c'est à dire que vous pouvez l'installer sur votre ordinateur, quel que soit votre OS, sans licence, ou l'utiliser sur des projets commerciaux sans licence payante.
4. C'est un langage très utilisé, très actif, qui permet littéralement de faire le café,¹ avec une communauté très développée qui permet d'obtenir de l'aide facilement.² Autrement dit, votre question a déjà été posée et résolue.
5. C'est un langage implémenté en natif dans les IDE³ classique, comme *anaconda* ou *spyder*. Ce qui permet de disposer d'environnements à jour et fonctionnel en quelques instants sur tous types d'OS.
6. Inconvénient, c'est un langage très évolutif, qui rend les mises à jours très fréquentes, ce qui implique une veille importante pour gérer les (in)compatibilités entre versions..

1.2 Lancer Python

Utiliser Python c'est utiliser deux outils. Le premier est l'éditeur de texte dans lequel vous allez écrire vos programmes. Le second est le prompt qui vous permet de les exécuter. Si vous disposez de votre ordinateur, vous pouvez télécharger par exemple la suite *anaconda* qui contient tout ce dont vous aurez besoin dans ce cours. Pour l'installation, suivre les indications. Si vous utilisez les ordinateurs mis à disposition, vous devez

1. En local.
 - a. Ouvrir un terminal
 - b. Ouvrir un éditeur de texte. Par exemple gedit.
 - c. Pour exécuter des commandes, vous pouvez les copier/coller dans le prompt, ou pour exécuter `fichier.py` écrire dans le prompt `run fichier.py`

1. voir par exemple <https://fr1.ipp-online.org/10-major-uses-of-python-5136>, ou ce sondage sur l'usage des langages <https://insights.stackoverflow.com/survey/2018/#most-loved-dreaded-and-wanted>

2. Essayez votre moteur de recherche favori. Jetez un oeil sur <https://stackoverflow.com/>

3. Vous devez comprendre les mots et acronymes utilisés.

2. Sur le serveur JupyterHub
 - a. Ouvrir JupyterHub et insérer vos identifiants.

1.3 Accéder aux données

Pour pouvoir travailler, vous allez utiliser les ressources mises à disposition dans le dépôt de l'enseignement sur git-hub.

1. Aller sur https://github.com/ericherbert/E2S_algo
2. Lire le README. Identifier les programmes et les données de la première séance.
3. Télécharger le dépôt *via* le bouton vert, puis choisissez *clone* ou *download*

1.4 Mon tout premier programme

Dans les exemples qui suivent, il ne s'agit pas de savoir écrire les programmes proposés mais d'avoir une première vision de la manière dont la formulation doit être faite

Ouvrir *premier_programme.py* dans spyder ou dans un éditeur de texte.

```
# premier programme  
a = 10  
print("\t\t\t\t\t")  
print("programme_de_calcul_des_carrés")  
print( a**2 )  
print("\n")
```

Exercice

1. Comprendre ligne à ligne ce que fait ce programme. Vous pouvez pour cela ajouter un ? après n'importe quelle commande pour obtenir l'aide associée. Exemple `print?`
2. Copier / Coller directement dans le prompt
3. L'exécuter, c'est à dire l'enregistrer dans un fichier et cliquer sur le bouton d'exécution ou taper `run` puis le nom du fichier dans le prompt.
4. Que s'est il passé ?
5. Le modifier et le réexécuter, jusqu'à ce qu'il ne s'exécute plus et comprendre pourquoi.

Faire de même avec *second_programme.py*.

```
# programme avec interaction
n = 3
print("Je vais vous demander", n, "nombres")
for i in range(n):
    x = int(input("Donnez un nombre: "))
    if x > 0:
        print(x, "est positif")
    else:
        print(x, "est négatif ou nul")
print("Fin")
```

Enfin avec le troisième programme:

```

# programme avec importation de bibliothèque,
# de données dans un fichier externe,
# et représentation graphique
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

filename = 'test.txt'
AHA = np.loadtxt(filename)

plt.figure( filename )
plt.plot( AHA[0,:], AHA[1,:] , '.k')
plt.savefig( filename + '.png' )

```

1.5 Quelques bases rapides

Un langage informatique est **très** précis. Il n'y a aucune tolérance ou reconstruction: le lecteur est une machine qui n'a ni imagination, ni culture commune avec vous.

Quelques connaissances indispensables :

1.5.1 Règles d'écriture

Tous les caractères sont autorisés. Certains mots sont réservés, comme `for`, `print`, `def`, `import`... Ces mots seront reconnus par votre éditeur de texte qui les affichera en couleur. Il est possible de commenter des morceaux du code, ou d'ajouter des précisions pour le lecteur humain, qui ne doivent pas être pris en compte par l'interpréteur. Dans ce cas on précède le contenu de `#`:

```

# commentaires non interprétés sur la ligne

```

On donne une valeur à une variable (affectation) avec le signe `=`. Les règles `+-/*` s'appliquent.

```

a = 2
a = a / 2 # on peut réalouer une valeur au même paramètre
a = (a - 2*a) / a
print(a) # rien n'est affiché, tant, que cela n'est pas explicitement demandé

```

Exercice Écrire le code permettant de calculer:

1. Le cube de la variable `Zorba_le_grec` avec les valeurs `Zorba_le_grec=0`, 10 et -10
2. Afficher le résultat sur le prompt
3. Indiquer au dessus de chaque ligne ce que fait chaque commande

1.5.2 String (chaîne de caractères)

Les strings sont des objets très utiles pour les manipulations de fichier ou d'entête de fichier. Python dispose d'outils utiles pour leur manipulation:

```

# création d'un_string
c = "n'importe_" + "quels_" + "_caractères\n" + "\t_espaces_compris" +
"\n\t_tabulation_et_RC_interprétés"
print(c)

# Donner les caractères 11 et 15 à 20:
print(c[14:21]) # attention, les indices commencent à 0 !

```

Exercice Écrire le code permettant :

1. De créer un string contenant 36 caractères
2. Afficher le résultat sur le prompt
3. Afficher les caractères entre 15 et 20. Attention, la première entrée d'un tableau est 0.

1.5.3 Interaction avec les listes

Il existe dans python différents types de tableau. Les listes permettent d'associer n'importe quel type d'entrée et de jouer avec:

```
# création d'une_liste
# a**2 signifie a puissance 2
abc = [ a , -a , a**2 ]

# liste composée de caract-res et de valeurs numériques
liste = [ 1 , 'z' , 56 , 1e5]

# doubler la liste
print( liste*2 )

# obtenir l'élément_3_et_5_de_la_liste_(attention_Python_commence_à_0)
print( liste[2] )
print( liste[4] )

# obtenir la longueur de la liste
print( len(liste) )

# créer une suite d'entier_avec_range()
range(10)
list(range(10))
```

Exercice Créer une liste :

1. contenant les nombres de 0 à 9
2. Afficher le résultat sur le prompt
3. Donner sa longueur.

1.5.4 Librairies

Accéder aux fonctions non implémentés dans le Python de base. Il en existe un très grand nombre dédiés à des applications aussi diverses que la communication avec des capteurs, l'analyse fine de données particulières ou la représentation graphique. Tant que la bibliothèque n'a pas été chargée, il n'est pas possible d'utiliser les commandes qui s'y trouve. On appelle la bibliothèque avec la commande `import` sous un nom spécifique comme `np` pour `numpy` (ce n'est pas obligatoire).

```
# faire un vecteur composé de dix "1" successifs grace à la bibliothèque numpy
import numpy as np
a = np.ones(10)
print(a)
print(a*10)
```

```
# faire un plot avec la librairie matplotlib
import matplotlib.pyplot as plt
# on crée un vecteur abscisse
x = np.arange( 0 , 100 , 1 )
# on fait le plot
plt.plot( x, 5*x + 2 , '-or')
# on l'affiche
plt.show()
```

Vous pouvez accéder à une aide directement depuis le prompt en ajoutant un ? à la commande qui vous intéresse, par exemple `np.diff?` ou `range?`

Exercice Écrire le code permettant :

1. Importer la librairie `numpy`
2. Créer un vecteur x composé des nombres de 10 à 1000.
3. Calculer y la racine carrée de ce vecteur
4. Créer la variable z contenant les termes de 10 à 20
 - a. Calculer $z/2$
 - b. Calculer $z//2$
5. Importer la librairie `matplotlib.pyplot`
6. représenter x en fonction de y

1.5.5 Extraire une fraction d'un tableau, d'une liste ou d'un vecteur

Quelle que soit la forme de votre variable, une liste composée d'objets de nature quelconque ou d'un vecteur composée de grandeurs numériques, vous pouvez le parcourir en utilisant les outils suivants:

```
# création d'un vecteur
vec = np.arange(0,20,1)

# Afficher le vecteur
print(vec)

# Afficher à partir de la seconde valeur
print(vec[1:])

# Afficher jusqu'à l'avant dernière valeur
print(vec[:-1])

# Afficher une valeur sur deux
print(vec[::2])

# Afficher de la fin au début
print(vec[::-1])

# à deux dimensions on a :
vecvec = np.array(vec,vec)

# avec plusieurs dimensions on sépare les axes avec une virgule:
```

```
vecvec = np.([vec,vec])
print(vecvec)
print(vecvec[ : , ::2 ])
```

Exercice Écrire le code permettant :

1. De créer un vecteur de 100 valeurs
2. Afficher une valeur sur deux des dix dernières valeurs
3. Créer et afficher le tableau `tableau` à deux dimensions avec la commande `tableau,j=np.indices((6,6))`
4. Afficher
 - a. Les 3 premiers termes de la deuxième ligne
 - b. La troisième colonne un terme sur deux

1.5.6 Débugage

Débugger consiste à comparer ce que le programme devrait faire et ce que le programme fait réellement. Cela se fait en deux étapes,

1. Il faut que le programme puisse s'exécuter sans erreur
2. Qu'il fasse ce que vous pensez qu'il doit faire.

Exemple avec un programme de calcul de perimetre d'un quadrilatère:

```
height = int(input("Height:_"))
width = int(input("Width:_"))
print("perimeter_=", wdth + height + width + width )
```

Exercice Executer ce programme. Il ne s'exécute pas. Pour trouver pourquoi, il faut comprendre ce que fait chaque ligne en commençant par la ligne où se situe l'erreur. Vous avez deux indices, les sorties du programme, et le message d'erreur.

Une fois corrigée, le programme s'exécute. Pour vérifier qu'il est correcte, appliquez le sur des cas où vous connaissez la réponse. Que concluez vous ? Pour le corriger il faut lire ligne à ligne le programme et comprendre d'où vient le problème. Il faut pouvoir répondre à la double question **Que fait cette ligne ? Est ce bien ce qu'elle est supposée faire ?**

1.6 Fonctions personnalisées

Il est possible d'exécuter une partie du programme dans un sous programme. Cela permet d'alléger la lecture et de s'assurer que le code est rigoureusement lors de différents appels:

```
# la fonction est définie avec le mot def
# on lui donne le nom lineaire
def lineaire( a ):
    # généralement la structure et l'utilité
    # de la fonction sont ajoutées ici
    return a*10

# une autre fonction loi de puissance
# on notera que le parametre beta doit être donné en entrée
```

```
def puissance( a , beta ):  
    return a**beta  
  
# on l'appelle_ailleurs_n'importe où dans le code  
a = 5  
z = lineaire( puissance( a , 2 ) )  
print(z)
```

Exercice

1. Copier et exécuter une des fonctions proposée ci-dessus
2. Modifier le nom de la fonction et recommencer
3. Créer une fonction qui affiche les caractères 11 à 25 d'un vecteur

Les bases de la programmation sous Python

2 Importer et Exporter un fichier

2.1 Avec la librairie **numpy**

La plupart du temps vous cherchez à accéder à des données pour en faire une représentation ou un traitement. Les méthodes d'accès vous seront donc fondamentales. Il existe un grand nombre de méthodes permettant d'accéder à des données. Par exemple dans la librairie **numpy** vous pouvez charger des tableaux de chiffres à l'aide de `np.loadtxt`.⁴ Vous pouvez également les enregistrer avec `np.savetxt`. Mais attention ces fichiers ne peuvent contenir que des valeurs numériques.

```
# on définit le programme que l'on veut importer et son chemin d'accès
f_path = './souslepont/delariviereKwai' # ./ veut dire "à partir d'ici."
filename = 'fname.txt'

# chargement du fichier filename dans le repertoire du terminal
tab = np.loadtxt( f_path + '/' + filename )
print( tab )

# loadtxt dispose de nombreuses options utiles, ici on saute les 3 première
lignes et on ne lit les colonne 2 et 5
tab = np.loadtxt( filename , skiprows = 10, usecols= [1,4])
print( tab )

# pour un aperçu des options
np.loadtxt?

# inversement on peut enregistrer des données sous la même forme pour les
réutiliser
f_out = './nouveau/'
np.savetxt( f_out + 'nom_de_sortie.txt' , tab )
```

4. Rappel, vous pouvez pour obtenir de l'aide ajouter un ? après n'importe quelle commande. Exemple `print?`

Exercice

1. Charger le fichier *test_1.txt*, en donnant `f1` comme nom de son contenu. Afficher le contenu sur le prompt. Ré-enregistrer le fichier avec le noms *output-1* dans le répertoire *nouveau* que vous aurez créé.
2. Ouvrir le fichier *test_2.txt* dans un éditeur de texte.
 - a. Compter le nombre de ligne du header (entête), identifier le délimiteur, et enfin le charger, sans le header, en donnant `f2` comme nom de son contenu, puis l'afficher sur le prompt.
 - b. Multiplier la seconde ligne par 10, puis réenregistrer le fichier avec un autre nom
3. Ouvrir le fichier *test_3.txt* dans un éditeur de texte. Quelle est la différence avec *test_2.txt* ? Essayez de l'ouvrir avec la commande précédente. Pourquoi cela ne fonctionne-t-il pas ? Que convient-il de faire ?
4. Ouvrir le fichier *test_4.txt* dans un éditeur de texte. Quelle est la différence avec *test_2.txt* ? Essayez de l'ouvrir avec la commande précédente. Pourquoi cela ne fonctionne-t-il pas ? Que convient-il de faire ?

2.2 Importer des données produites sous Excel

Dans ce cas il existe deux options. Réenregistrer le fichier sous un format csv (Comma Separated Value) ne contenant que les données vous intéressant, ou charger le fichier excel à l'aide d'une librairie spécifique. Nous allons travailler à l'aide la librairie **panda**, mais il en existe d'autres.

2.2.1 Fichier csv simple

Extrait de l'aide de la librairie **csv**:

Le format CSV (Comma Separated Values) est le format d'importation et d'exportation le plus courant pour les feuilles de calcul et les bases de données. Le format CSV a été utilisé pendant de nombreuses années. L'absence d'une norme bien définie signifie que des différences subtiles existent souvent dans les données produites et consommées par différentes applications. Ces différences peuvent rendre fastidieux le traitement de fichiers CSV provenant de sources multiples.

Le module csv implémente des classes pour lire et écrire des données tabulaires au format CSV. Il permet aux programmeurs de dire "écrivez ces données dans le format préféré d'Excel" ou "lisez les données de ce fichier qui a été généré par Excel", sans connaître les détails précis du format CSV utilisé par Excel. Les programmeurs peuvent également décrire les formats CSV compris par d'autres applications ou définir leurs propres formats CSV à usage spécifique.

Exercice Ouvrir le fichier *fichier_excel_simple.xls* avec un tableur. Que contient il ? Quelles sont les données que vous pouvez récupérer ? Nous allons ouvrir le fichier à l'aide de `np.loadtxt`

1. Enregistrer les données pertinentes des deux feuilles du fichier dans un format csv
2. En vous appuyant sur l'aide de `np.loadtxt`, pour notamment définir correctement le délimiteur de colonne, ouvrir le fichier.

L'avantage de cette méthode est sa simplicité. L'inconvénient est que nous sommes obligés de traiter les fichiers un par un et que nous perdons les informations liées aux colonnes. Il est tout à fait possible de charger également cette information, comme vous pouvez le voir dans l'aide de la fonction, mais la méthode n'est pas forcément la plus simple.

2.2.2 Fichiers csv complexe

Il existe souvent des trous dans les fichiers de données. Pour les gérer il convient de leur attribuer une valeur qui permet de les évacuer avant d'effectuer une étude. Généralement on insère le string NaN (not a number) pour cela.

Comme on l'a vu, `np.loadtxt` ne permet pas de charger des fichiers contenant des valeurs vides. Nous allons utiliser la fonction `csv` de la librairie `pandas` dont l'usage est le suivant:

```
f_name = # path to file + file name
c_name = # nome de la colonne d'intérêt
import pandas as pd
df = pd.read_excel(f_name)
print(df.head(5)) # print first 5 rows of the dataframe
print(df)
print(df[cname])
```

Exercice Nous allons travailler dans ce cas avec un fichier provenant d'un site internet officiel. Pour commencer, rendez vous sur le site <https://ourworldindata.org/>. Télécharger un fichier csv quelconque—vous avez également un fichier disponible dans `seance_2/decarbonized_energy.csv`.

1. Quel est le format des données que vous avez téléchargé ?
2. Ouvrez le avec un tableur, que voyez vous, comment allez vous pouvoir exploiter ces données ?
3. Importez le sous python. Attention aux caractères accentuées qui peuvent poser problème. Dans ce cas les supprimer par une recherche automatique.

2.2.3 Fichiers Excel

Il existe un grand nombre de librairie qui permettent d'importer des fichiers Excel, de manière plus ou moins sophistiquée. Nous nous appuyons ici sur la fonction `pd.read_excel` de la librairie `pandas`, dont l'usage est le suivant:

```
f_name = # path to file + file name
s_name = # sheet name or sheet number or list of sheet numbers and names
c_name = # nome de la colonne d'intérêt
import pandas as pd
df = pd.read_excel(io=f_name, sheet_name=s_name)
print(df.head(5)) # print first 5 rows of the dataframe
print(df[c_name])
```

Remarque – il est possible d'enregistrer des données au format excel, en utilisant la bibliothèque `panda` mais cela ne sera pas traité dans ce cours.

Exercice Reprendre le fichier *fichier_excel_simple.xls* et ouvrir directement la première feuille depuis python, sans passer par un export en csv. Une fois la feuille de données obtenue, affichez là. Faites quelques opérations dessus, somme, produit, exposant, logarithme... Que remarquez vous sur les indices et les noms de colonne ?

Pour explorer le fichier vous pouvez utiliser la fonction `head`. À quoi sert elle ? Que pouvez vous obtenir ? Pour obtenir les entrées des colonnes vous pouvez utiliser la fonction `columns`. Comment écrire la commande pour obtenir le nom de la seconde colonne ?

Importez la seconde feuille dans Python. Quelle est la différence avec la première ?

Exercice Nous allons travailler dans ce cas avec un fichier provenant d'un site internet officiel. Pour commencer, rendez vous sur le site de l'entreprise du réseau de transport électrique RTE, puis eCO2mix et production d'électricité par filière. Télécharger un exemple de production de puissance sur une période quelconque

1. Quel est le format des données que vous avez téléchargé ?
2. Ouvrez le avec un tableur, que voyez vous, comment allez vous pouvoir exploiter ces données ?
3. Importez le sous python. Attention aux caractères accentués qui peuvent poser problème. Dans ce cas les supprimer par une recherche automatique.

3 Faire une figure

3.1 Introduction

Une fois les données obtenues, et avant de les travailler, il est nécessaire de pouvoir en faire une visualisation simple et rapide. Nous allons nous appuyer sur la sous partie `pyplot` de la librairie `matplotlib` que nous appelons de la manière suivante :

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

Comme vous le voyez, ce n'est qu'une fraction de la librairie que nous chargeons. Toutes les fonctions seront précédées du préfixe `plt`. Comme d'habitude, n'hésitez pas à utiliser les ressources en ligne. Vous trouverez un grand nombre d'exemple sur les sorties graphiques disponibles sur le site de la librairie <https://matplotlib.org/>. Pour commencer, un exemple:

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

# production des données
X = np.arange(0,100,1)
# creation de la figure
figname = 'ma_figure'
plt.figure(figname)
# plot
plt.plot( X , X**2 , 'r--o')
# affichage
plt.show()
# sauvegarde
plt.savefig(figname)
```

Exercice Comme d'habitude, copier le fichier, l'ouvrir dans un éditeur de texte, l'exécuter, et le manipuler. Que voyez vous ? À quoi servent les différentes lignes ?

1. Ajouter des axes à la figure avec les fonctions `plt.xlabel` et `plt.ylabel`
2. Représenter la fonction \sqrt{X} avec une ligne noire et $X^2 + 2X - 1$ avec une ligne discontinue bleue
3. Modifier l'axe des abscisse, avec `plt.xlim` et des ordonnées avec `plt.ylim`

3.2 Plus sophistiqué

3.2.1 Plot multiples

Avec la fonction `plt.subplot` il est possible de représenter plusieurs graphes dans la même fenêtre. Par exemple avec `plt.subplot(2,3,4)` on va créer une fenetre comprenant 2×3 graphiques, dont le graphique suivant sera en position 4.

Exercice Faire un graphe multiples de 3×2 graphiques et y afficher 6 graphiques différents. Une fois finie, l'enregistrer.

3.2.2 Histogrammes

Une distribution doit être représentée sous forme de d'histogramme, normalisé ou non.

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

# creation de la figure
figname = 'ma_figure'
plt.figure(figname)
```

```
# plot
plt.hist( np.random.randn(100) )
# affichage
plt.show()
```

Exercice Représenter sur des figures séparées la quantité y (log-normale), son histogramme, sa pdf (avec l'option weight) et sa cumulative:

```
y = 4 + np.random.normal(0, 1.5, 200)
```

3.2.3 Matrices

Pour représenter une image ou un tableau, on utilise une représentation matricielle, avec par exemple `plt.pcolormesh`. Exemple:

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

# données
X = np.random.rand(100,100)
# creation de la figure
figname = 'ma_figure'
plt.figure(figname)
# plot
plt.pcolormesh( X )
# affichage
plt.show()
```

Exercice

1. Représenter la sortie de la fonction suivante:

```
sinc2d = np.zeros((50, 50))
for x, x1 in enumerate(np.linspace(-10, 10, 50)):
    for y, x2 in enumerate(np.linspace(-10, 10, 50)):
        sinc2d[x,y] = np.sin(x1) * np.sin(x2) / (x1*x2)

x1 = np.linspace(-10, 10, 50)
x2 = np.linspace(-10, 10, 50)
sinc2d = np.outer(np.sin(x1), np.sin(x2)) / np.outer(x1, x2)
```

2. Pour charger une image, on peut utiliser la fonction `mpimg.imread` de la librairie `import matplotlib.image as mpimg`. Pour la représenter `plt.imshow`. Trouver une image sur internet. L'enregistrer puis l'ouvrir sous python. Enfin la représenter et l'enregistrer.

3.2.4 Affichage / Enregistrement

Exercice Représenter $v = gt$ en fonction de t , sur la gamme, $t = 0$ à 100 secondes avec $g = 10 \text{ m/s}^2$. Quelle est la dimension de v ? Ajouter les noms des axes en incluant leur dimension.

1. Ajouter un titre à la figure précédente
2. Enregistrer
 - a. avec une résolution de 300 dpi.
 - b. dans le répertoire `/temp/ou/`?
 - c. en format *jpeg*, puis *pdf*

4 Les fonctions

Quand une tâche est répétée dans un programme et que seules les valeurs numériques changent, il est alors intéressant de créer sa propre fonction, que l'on appelle comme une fonction issue d'une librairie. Exemple de création de la fonction `func()`

```
# attention de ne pas oublier les ":"
# attention à l'indentation (tabulations)
def func(x):
    a = x**2
    return a

var = func(2)
print( var )
# action identique à la précédente mais
# en une seule ligne et sans créer
# de variables inutiles
print( func(-10) )
```

1. S'il n'y a rien à retourner, la commande `return` peut être omise.
2. Les paramètres d'entrée ne sont pas obligatoires non plus. On peut donner une valeur par défaut à un paramètre, par exemple `def func(x=3)`.
3. L'ordre des paramètres n'est pas important SI les paramètres sont étiquetés. Par exemple pour la fonction à deux paramètres `func(x,y)`, les deux écritures `func(x=3,y=2)` et `func(y=2,x=3)` sont équivalentes, mais `func(2,3)` et `func(3,2)` ne le sont pas.
4. Enfin, on peut regrouper dans une classe une série de fonction `class lib_perso`, ce qui crée une librairie, que l'on pourra charger de la même manière que les autres librairies avec la commande `import lib_perso`

Exercice

1. Faire une fonction sans paramètre, qui renvoie (imprime sur le prompt) *bonjour* et 3 nombres aléatoires sur deux lignes différentes.
2. Faire une fonction de conversion d'une surface de km² à hectare. Cette fonction ne doit rien afficher.
3. Faire une fonction qui calcule le volume d'une sphère dans la variable `tic` sans l'afficher, avec comme paramètre le rayon de la sphère.
4. Faire une fonction qui convertit une puissance en Watt et un temps en seconde en une énergie en kWh. On explicitera les unités de la puissance et du temps choisis. Cette fonction doit afficher les paramètres entrés (puissance et temps) et l'énergie calculée avec leurs unités.
5. Faire une fonction qui charge un fichier texte. Les paramètres sont le nom du fichier (par défaut *tsoin.tsoin*) et le chemin pour y accéder (par défaut *./taga/da/*).

4.1 Plus compliqué

Une manière de structurer un script python est d'écrire une succession de fonctions, qui sont appelées dans le corps du script par une commande spécifique:

```
# les librairies sont souvent appelées en entete
```

```

import numpy as np

def func1(a):
    # expliquer ici à quoi sert la fonction
    return a**2

def func2(a):
    # expliquer ici à quoi sert la fonction
    a = np.arange(a)
    return a

if __name__ == "__main__":
    # corps du programme
    a = 18
    b = func1(a)
    c = func2(a)
    print(a,b,c)

```

Le corps du programme est écrit dans `if __name__ == "__main__":`. À l'intérieur les fonctions sont appelées (ou pas) successivement. Le réflexe à la lecture d'un code écrit en python est de chercher le corps du programme, de le lire ligne à ligne pour ensuite trouver l'usage des fonctions.

Exercice

À FINIR

1. Ouvrir le programme *fonctions_multiples.py*. Commenter les différentes fonctions. Que fait-il ? Y a-t-il une fonction qui ne sert pas ?
2. Créer les fonctions suivantes et imbriquer les dans une programme qui les exécute l'une derrière l'autre
 - a. La lecture du fichier *seance4/input*
 - b. La conversion des données trouvées de Joule kWh
 - c. La représentation graphique de ces données

5 Les boucles et vecteurs

Les boucles servent à répéter une opération suivant un incrément, ou itération. Les boucles s'ouvrent en faisant apparaître les commandes appropriées et sont marquées par une indentation. Il existe trois types principaux de boucle. La boucle `for` se reproduit pour un nombre d'itération fixe:

```
# boucle for
for inc in range(10):
    inc*10
```

La boucle `if` se reproduit si une condition est satisfaite:

```
# boucle if
a = 6
if a<5 :
    print(a*10)
```

La boucle `while` se reproduit tant qu'une condition n'est pas atteinte:

```
# boucle while
i = 1
while i<100:
    i = i+1
    print('la_valeur_de_l"incrément_est_' + str(i))
```

5.1 Boucle `for`

Exécute la même série d'instructions en changeant un incrément, qui peut être un nombre ou un string. Exemple:

```
c = np.array([0,1,2,3,4,5,6,7,9])
for i in c:
    print('l_incrément_vaut_' + str(i))
```

La boucle se lit littéralement comme *pour i variant de 0 à 9, afficher «l'incrément vaut i»* avec la valeur *i* dépendant de l'itération. On remarque une structure précise qui doit être respectée pour tous les types de boucles:

1. La boucle s'ouvre avec la commande `for`, la gamme de l'incrément `i in c`, et `:`
2. Les instructions sont à une tabulation de la marge gauche. C'est l'indentation.
3. La boucle ne se ferme pas avec une commande, c'est la fin de l'indentation qui la marque.

Exercice

1. Il est nécessaire de définir une gamme d'incrément. Pour cela on peut utiliser la fonction `range`. En vous appuyant sur la documentation, expliciter la manière d'obtenir une variation d'incrément de 0 à 10 par pas de 0.1. Réécrire la boucle `for` de l'exemple avec cet incrément.
2. Faire une boucle `for` qui calcule la somme cumulée de ses incréments.
3. On peut imbriquer deux boucles :

```
for i in range(10):
    for j in range(5)
        print('i=' + str(i) + ' et j=' + str(j))
```

corriger les deux boucles imbriquées précédentes pour qu'elles puissent s'exécuter.

4. Il est possible de donner un incrément qui ne soit pas un nombre. Faire une boucle dont la sortie est *la valeur de l'incrément est a*, puis *la valeur de l'incrément est b* et ainsi de suite.
5. On peut utiliser la valeur de l'incrément comme indice. Que donne

```
c = ['a', 'b', 'c']
for i in range(len(c)):
    print('l'incrément vaut ' + str(i) + ' et c[i] vaut ' + c[i])
```

dans ce cas, attention `i` doit être un entier. On notera que `c` n'est pas une liste de nombre mais que la fonction `range(len(c))` permet d'en recréer une. Expliquer comment.

5.2 Boucle `if`

Exécute une série d'instruction si une condition est respectée. Exemple:

```
a = 0
# si a est nul
# attention au "=="
if a==0:
    print('a=0')
# si a n'est pas nul
# != veut dire différent, ou n'est pas égal à
elif a!=0:
    print(a*10)
# sinon
else:
    print('erreur')
```

La boucle se lit littéralement comme *si $a=0$, afficher $a=0$, si $a \neq 0$ multiplier par 10, sinon afficher « erreur »*. On remarque que la structure est la même que pour les boucles `for`. On a en plus

1. La condition d'égalité qui s'écrit `==` avec deux signes égal.
2. La condition de différence qui s'écrit `!=`
3. La condition supérieur ou inférieur qui s'écrivent `>` et `<`

et les commandes

1. `elif`, qui permet de définir une autre condition

2. `else`, qui permet de remplir tous les autres cas, souvent employé pour renvoyer une erreur

Exercice

1. Faire une boucle `if` qui calcule une surface si les grandeurs proposées sont positives.
2. Faire une boucle `if` qui enregistre un fichier texte si la taille du vecteur proposé dépasse un seuil, sinon affiche le vecteur à l'écran et demande de recommencer.
3. Faire une boucle `for` qui ajoute un caractère en bout de string à chaque itération, et y ajouter la boucle `if` créée précédemment

5.3 Boucle `while`

Exécute une série d'instructions qui seront réalisées tant qu'une condition est respectée. Exemple:

```
a = 0
# si a est nul
while a < 0.8:
    print(a)
    a = np.random.rand(1)
```

La boucle se lit littéralement comme *tant que $a < 0.8$, afficher a , et renouveler la valeur de a avec la fonction `random.rand`*. On remarque que la structure est la même que pour les boucles `for`. En exécutant cette boucle on ne connaît pas à priori le nombre d'itération à faire, sinon on aurait utilisé une boucle `for`. Le risque d'une telle boucle est qu'elle ne se cloture (converge) jamais, si la condition demandée n'est jamais remplie. Il y a souvent une boucle `if` ajoutée pour arrêter la boucle en cas d'absence de convergence.

Application

1. Comprendre pourquoi la boucle proposée converge (s'arrête). La réécrire pour qu'elle ne converge plus et vérifier que c'est bien le cas. Ctrl+C devrait forcer l'arrêt de la boucle.
2. Écrire une boucle `while` qui calcule le logarithme de l'incrément et s'arrête lorsque sa valeur est positive.

5.4 Vecteurs

Les boucles sont lentes à exécuter, dans le sens où les instructions sont exécutées l'une derrière l'autre. C'est l'itération. Une méthode pour diminuer le temps de calcul est de paralléliser la boucle. Cela n'est possible que si les itérations sont indépendantes entre elles. Une autre méthode consiste, lorsque cela est possible de travailler avec des vecteurs. C'est à dire d'appliquer des opérations globalement sur des vecteurs. Exemple:

```
import time

# application de l'opération par boucle for
tic = time.time()
a = np.arange(1,1000,1)
for i in range(len(a)):
    a[i] = np.sqrt(a[i])
toc = time.time()
print(toc-tic)

# application directe de l'opération sur le vecteur vec
```

```
vec = np.arange(1,1000,1)
vec = np.sqrt(a)
```

Exercice

Justifier que les instructions sont comparables, qu'elles mènent au même résultat, et comparer les temps d'exécution des deux opérations en expliquant la méthode utilisée.

Créer un vecteur composé des valeurs comprises entre -10 et 10 avec un incrément de 0.01 , puis calculer successivement, le carré, le cube et la racine carrée. Faire une représentation graphique.

6 Un peu d'analyse statistique

6.1 Organiser ses données

Pour organiser ses données, il existe quelques fonctions utiles. Beaucoup proviennent de la bibliothèque `numpy`.

1. `np.sort`, Return a sorted copy of an array.
2. `abs`, Return the absolute value of the argument.
3. `np.max`, Return the maximum of an array or maximum along an axis.
4. `np.min`, Return the minimum of an array or minimum along an axis.
5. `np.argmax`, Returns the indices of the maximum values along an axis
6. `np.isnan`, Test element-wise for NaN and return result as a boolean array.

6.2 Quelques fonctions statistiques

1. `np.mean`, Compute the arithmetic mean along the specified axis.
2. `np.std`, Compute the standard deviation along the specified axis.

ajouter la mediane, le percentile, correlation, covariance, faire un fit linéaire avec erreur?

voir le site <https://realpython.com/python-statistics/>