

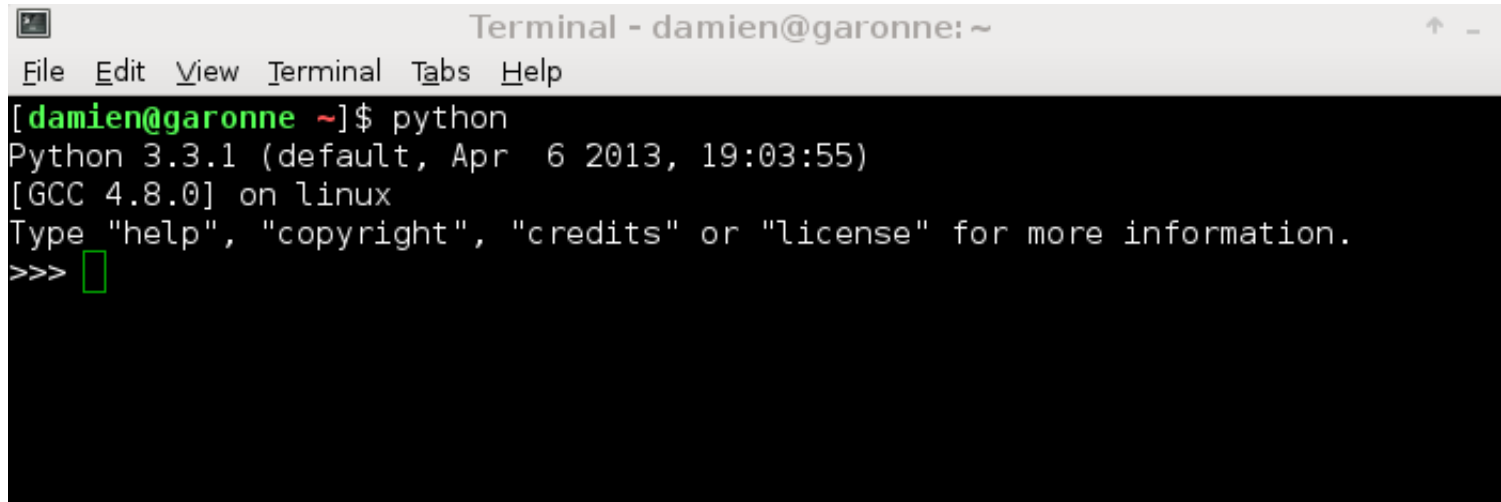
# Introduction à la programmation

## Python



*Damien Rohmer*

# Premier "programme"

A terminal window titled "Terminal - damien@garonne: ~" with a menu bar containing "File", "Edit", "View", "Terminal", "Tabs", and "Help". The terminal content shows the execution of the "python" command, resulting in the Python 3.3.1 startup banner: "Python 3.3.1 (default, Apr 6 2013, 19:03:55)", "[GCC 4.8.0] on linux", and "Type 'help', 'copyright', 'credits' or 'license' for more information." The prompt ">>>" is followed by a green cursor box.

```
Terminal - damien@garonne: ~
File Edit View Terminal Tabs Help
[damien@garonne ~]$ python
Python 3.3.1 (default, Apr 6 2013, 19:03:55)
[GCC 4.8.0] on linux
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> █
```

# Premier "programme"

```
Terminal - damien@garonne: ~  
File Edit View Terminal Tabs Help  
[damien@garonne ~]$ python  
Python 3.3.1 (default, Apr 6 2013, 19:03:55)  
[GCC 4.8.0] on linux  
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.  
>>> 7+8  
15  
>>> 
```

# Commandes

Notion de variables:

```
a=7
```

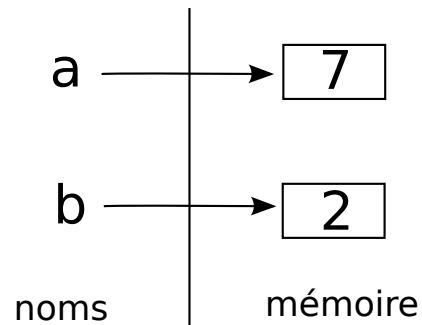
```
b=2
```

```
a+8+b*b
```

```
> 19
```

a est une **variable** (qui vaut 7)

b est une **variable** (qui vaut 2)



# Commandes

Notion de variables:

```
a=4
```

```
b=a+1
```

```
b=b+2
```

```
print(b)
```

> 7

# Commandes

Affichage à l'écran:

```
print("le resultat de 2+2 vaut",2+2)
```

> le resultat de 2+2 vaut 4

# L'aide

Pour obtenir de l'aide sur une fonction:

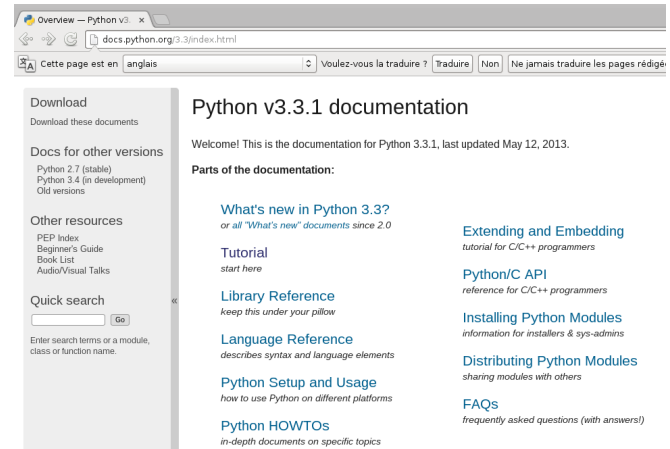
**help(*nom\_fonction*)**

ex. help(pow)

Site web:

<http://docs.python.org/2/index.html>

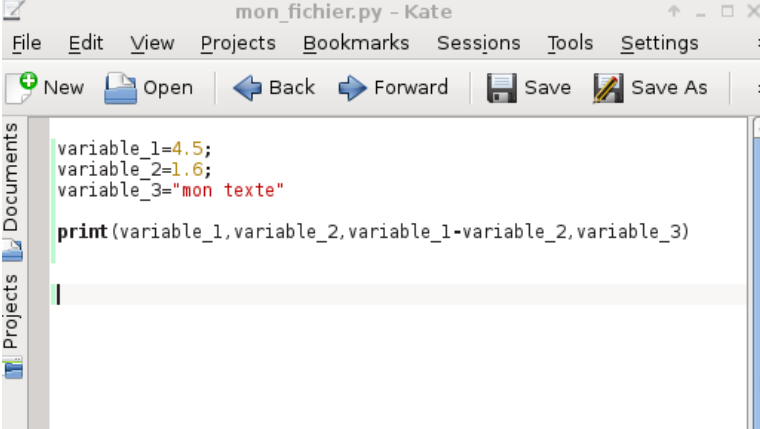
<http://docs.python.org/3/index.html>



# Ecriture dans un fichier

Ecrire ligne à ligne est fastidieux ...

On écrit d'abord dans un fichier texte



```
mon_fichier.py - Kate
File Edit View Projects Bookmarks Sessions Tools Settings
New Open Back Forward Save Save As
Documents
variable_1=4.5;
variable_2=1.6;
variable_3="mon texte"
print(variable_1,variable_2,variable_1-variable_2,variable_3)
```

(.py = fichier texte lisible par Python)

On lance Python sur le fichier

```
[damien@damien_pc ~/work/2012_2013_teaching
python/cours/code]$ python mon_fichier.py
4.5 1.6 2.9 mon texte
```

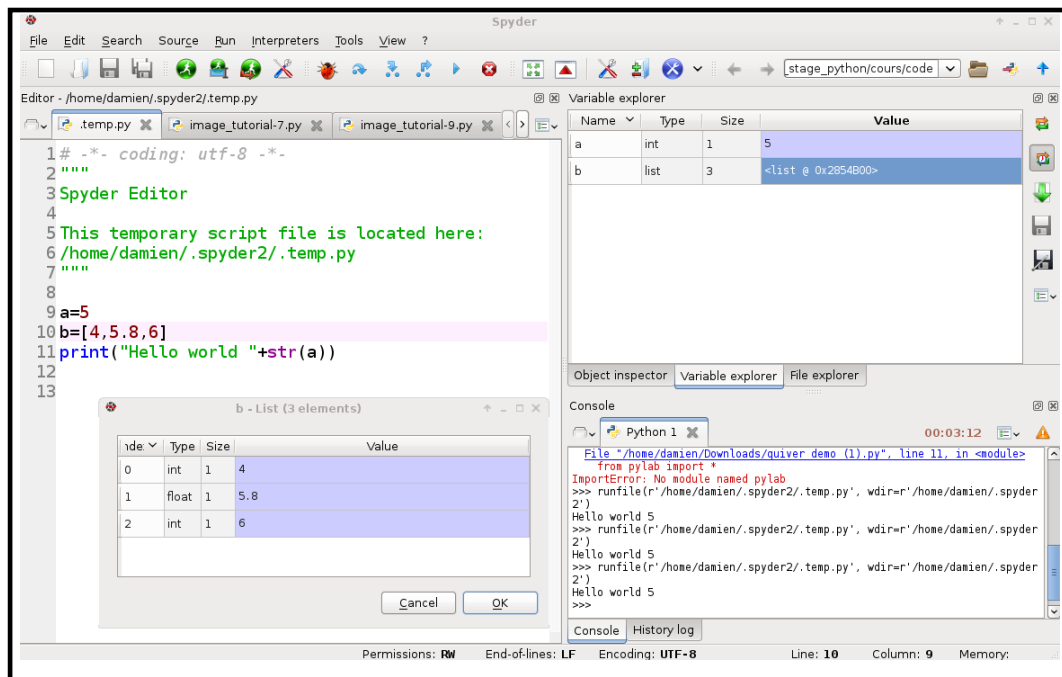


# Editeur Python

Editeur de texte (attention à l'indentation)

- Linux: Kate
- Window: par défaut, pyscripter

Editeur type Matlab: **Spyder**



The screenshot displays the Spyder Python IDE interface. The main editor window shows a Python script with the following content:

```
1 # -*- coding: utf-8 -*-
2 """
3 Spyder Editor
4
5 This temporary script file is located here:
6 /home/damien/.spyder2/.temp.py
7 """
8
9 a=5
10 b=[4,5,8,6]
11 print("Hello world "+str(a))
12
13
```

The Variable explorer window shows the current state of variables:

Name	Type	Size	Value
a	int	1	5
b	list	3	-list @ 0x2854800>

The Console window shows the output of the script:

```
File ~/home/damien/Downloads/quiver demo (1).py, line 11, in <module>
  from pylab import *
  ImportError: No module named pylab
>>> runfile(r'/home/damien/.spyder2/.temp.py', wdir=r'/home/damien/.spyder
2')
Hello world 5
>>> runfile(r'/home/damien/.spyder2/.temp.py', wdir=r'/home/damien/.spyder
2')
Hello world 5
>>> runfile(r'/home/damien/.spyder2/.temp.py', wdir=r'/home/damien/.spyder
2')
Hello world 5
>>>
```

# Commandes

Types de variables:

a est un nombre (entier)

a=5

b est un nombre (à virgule)

b=4.12

c est un texte

c="du texte"

a+b OK

~~a+c~~

*unsupported operand type(s) for +: 'int' and 'str'*

# Commandes

Types de variables:

```
a=7
```

```
b=2
```

```
c=-b/a
```

```
print("la solution de l'equation ",a,"x + ",b,"=0 vaut",c)
```

# Commandes

Variable nombre/texte:

```
mon_texte_1="4+7"
mon_texte_2="2+2"
valeur_1=4+7
valeur_2=2+2

mon_texte_3=mon_texte_1+mon_texte_2
valeur_3=valeur_1+valeur_2

print(mon_texte_3)
print(valeur_3)
```

ceci est du texte

ceci est un nombre

> 4+72+2


> 15

# Commandes

Variable nombre/texte:

transforme un nombre en texte  
(str=string)

```
variable_nombre=4+8  
variable_texte=str(variable_nombre)  
variable_texte=variable_texte+"78"  
print(variable_texte)
```



> 1278

# Python: le langage

Création en 1990 (C ~ 1973)

Scripts, manipulation texte, pas de scientifique

Module Numpy en 2005

Developpement du calcul scientifique

Python 2.0 en 2000

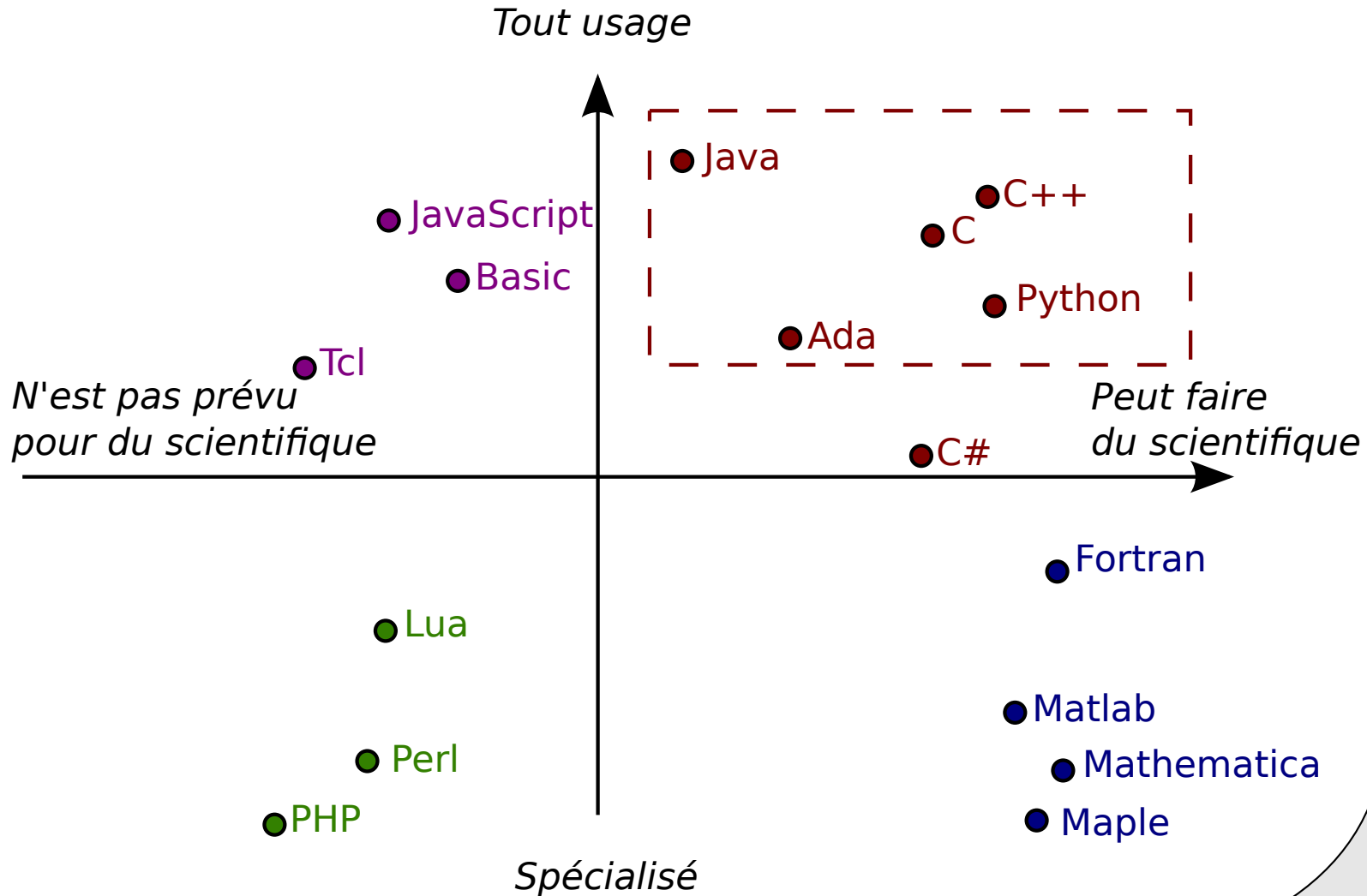
Python 3.0 en 2009



Python devient un acteur majeur du monde du calcul scientifique

- beaucoup de modules (scientifique, visualisation, etc)
- lisible
- simple à écrire
- langage haut niveau
- potentiellement optimisable

# Python: positionnement



# Python: positionnement

*Simple, Lisible*



● Python

● Java

● Ada

● C

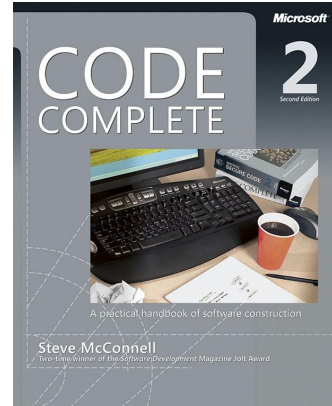
● C++

*Complexe*



# Python: Les + / -

## + Langage très lisible



*Lisibilité d'un code = Le + Important*

Un code est beaucoup plus lue qu'écrit

Le code est sa propre documentation

Erreur facilement détectable = gain de temps

# + Langage très lisible

## Java

```
public class MonTest{  
    public static void main(string[] args){  
        for(int i=0;i<10000;i++)  
            System.out.println(i);  
    }  
}
```

## Python

```
for x in range(10000):  
    print(i)
```

*Ce qui est simple  
s'écrit simplement*

# Python: Les + / -

+ Langage très lisible

+ Algorithme proche du langage (*apprentissage*)

+ Utilisé en industrie   
*script*  
*calcul*

- Pas d'apprentissage "hardware"/OS

- Délicat pour code très volumineux  
*typage dynamique*

# Python VS

C

- + Aisance codage, clareté
- Pas de contrôle bas niveau (embarqué, OS)
- Lent

C++

- + Clareté
- Lent

Java

- + Simple, moins verbeux
- + Applicable science (opérateurs)
- Moins répandu

Matlab

- + Vraie informatique, structures données
- + Rapide
- Moins "sucre syntaxique"

Conditions: si, sinon

# Condition *if*

"si"

```
a=5
```

```
b=5
```

```
if a*b > 22:                (si a fois b est plus grand que 22)
    print("j'affiche ce message")
```

```
a,b=8,9
```

```
c=0
```

```
if a+b-b*b<=3:
```

```
    c=c+3*a
```

```
if c/10>c*c:
```

```
    print("j'affiche ce message")
```

# Condition *if*

"si"

```
a=5
```

```
b=5
```

*: début d'un bloc de traitement*

```
if a*b > 22:
```

```
    print("j'affiche ce message")
```

*espace => bloc d'instructions*

# Condition *if*

"si"

```
x=12.2
```

```
if x>=0 and x<5:  
    print("intervalle [0,5[")
```

```
if x>2 or x<0:  
    print("intervalle [-inf,0[ U ]2;+inf[")
```



# Condition *if / else*

"si / sinon"

```
a=5
b=4

if a*b > 22:
    print("j'affiche ce message")
else:
    print("ceci est un autre message")
```

**si** *a fois b est supérieur à 22*  
*alors "j'affiche ce message"*

**sinon**

*j'affiche "ceci est un autre message"*

# Condition *if / else*

"si / sinon"

Cas particulier du test d'égalité

```
a=5
if a==6 :
    print("a vaut 6")
else
    print("a ne vaut pas 6")
```

symbole ==  
test d'égalité

**si** *a est égale à 6*  
*alors affiche "a vaut 6"*  
**sinon**  
*affiche "a ne vaut pas 6"*

Math  
 $a := b$

$a = b$

Code

$a=b$  affectation

$a==b$  test d'égalité  
(vaut *vrai* ou *faux*)

# Condition *if / else*

"si / sinon"

Conditions if/elif/else

*elif = else, if (/ sinon, si ...)*

```
if x>=0 and x<2:  
    print("intervalle [0,2[" )  
elif x<4:  
    print("intervalle ]-inf,0[ U [2,4[" )  
elif x<=5:  
    print("intervalle [4,5]      ")  
else:  
    print("intervalle ]5,+inf[" )
```

# Condition *if* imbriqués

Quelle courbe dessine  $y$  si  $x$  varie ?

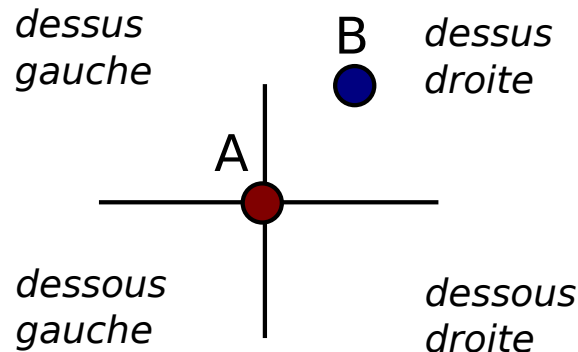
```
if x >= 0:  
    if x < 1:  
        y = x * x  
    else:  
        y = 2x - 1  
else:  
    if x > -1:  
        y = -x * x  
    else:  
        y = 2x + 1
```

# Condition *if* imbriqués

## Application:

Soit 2 points  $A=(x_1,y_1)$  et  $B=(x_2,y_2)$

Indiquer si A est au |dessus/dessous de B  
|gauche/droite



# L'indentation

```
a, b=1, 2
x, y=4, 1
if a>5:
    x=x+2
y=y+3
print(y)
```

!=

```
a, b=1, 2
x=4
if a>5:
    x=x+2
    y=y+3
print(y)
```

L'indentation fait partie du code!!!

Débat  
philosophique  
... religieux

```
a, b=1, 2
x=4
if a>5:
    x=x+2
    y=y+3
print(x)
```

Ne s'exécute pas!

IndentationError: unexpected indent

# L'indentation

```
a, b=1, 2
x, y=4, 1
if a>5:
    x=x+2
y=y+3
print(y)
```

!=

```
a, b=1, 2
x=4
if a>5:
    x=x+2
    y=y+3
print(y)
```

+ Force à la lisibilité du code

*Bon pour l'apprentissage*

+/- Copié-coller difficile

*Mais: copié-coller est à éviter*

- Portabilité: compatibilité Tab, espaces, ...  
(éditeur obligatoire)

# Les listes d'éléments



# Ensemble éléments: Listes

crochets [ ... ] indiquent une liste

```
vecteur=[1,7,5,9,-4,3]

print(vecteur[0])
print(vecteur[1])
print(vecteur[2])

print(vecteur[0]+vecteur[4])

vecteur[2]=vecteur[4]*vecteur[5]
print(vecteur)
```

contenu:

1	7	5	9	-4	3
---	---	---	---	----	---

indices:

[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
-----	-----	-----	-----	-----	-----

# Ensemble éléments: Listes

```
vecteur=[1,7,5,9,-4,3]  
print(vecteur[6])
```

*IndexError: list index out of range*

contenu:	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>-4</b>	<b>3</b>	<b>??</b>
indices:	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]

# Ensemble éléments: Listes

Une liste peut contenir des mots

```
vecteur=["pomme", "poire", "banane", "peche"]  
vecteur[0]=vecteur[1]+" "+vecteur[2]  
print(vecteur)
```

"pomme"

[0]

"poire"

[1]

"banane"

[2]

"peche"

[3]

# Ensemble éléments: Listes

Une liste peut contenir différents types

```
vecteur_mixte=[1.45, -7, "un torchon", 1, "une serviette"]  
  
print(vecteur_mixte[0])  
print(vecteur_mixte[2])  
print(vecteur_mixte)
```

1.45

[0]

-7

[1]

"un torchon"

[2]

1

[3]

"une serviette"

[4]

# Ensemble éléments: Listes

Ajouter des éléments dans une liste

```
vec=[4,5,6]  
print(vec)  
vec.append(7)  
vec.append(8)  
print(vec)
```

# Ensemble éléments: Listes

Supprimer des éléments dans une liste

```
vec=[4, -1, 5, 7, 12]  
print(vec)  
del(vec[0])  
print(vec)  
del(vec[2])  
print(vec)
```

# Ensemble éléments: Listes

Créer une "liste" particulière

```
a=range(4,9)
b=range(8,-2,-3)
print(a[0],a[1],a[2],a[3],a[4])
print(b[0],b[1],b[2],b[3])
```

a 

4	5	6	7	8
---	---	---	---	---

b 

8	5	2	-1
---	---	---	----

**range**(debut,fin,[*increment*])



stop 1 élément  
avant fin

# Ensemble éléments: Listes

Nombre d'éléments d'une liste

```
vec1=[1,4,8,9]
vec2=["canard",7.45,"poireaux"]

longueur_1=len(vec1)
print(longueur_1)

print(len(vec2))
```



# Ensemble éléments: Listes

Indexation inverse

```
vec=[1, -4, 7, 2, 6, 8, 3]
```

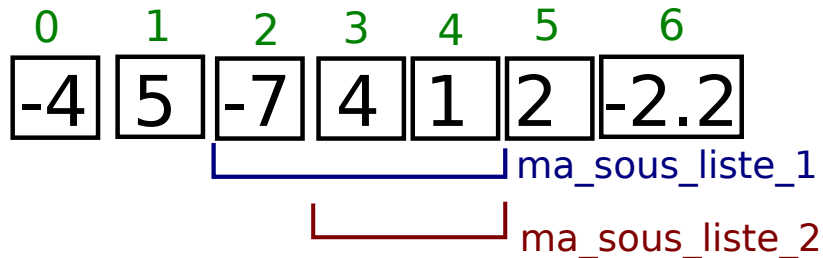
```
print(vec[-1])
```

```
print(vec[-2])
```

# Sous partie d'une liste

```
ma_liste=[-4,5,-7,4,1,2,-2.2]
ma_sous_liste_1=ma_liste[2:5]
ma_sous_liste_2=ma_liste[3:-2]

print(ma_sous_liste_1)
print(ma_sous_liste_2)
```



# Trier une liste

```
ma_liste=[4,1,-7,9,5,12,-3]
ma_liste_triee=sorted(ma_liste)

print(ma_liste_triee)
```

```
ma_liste=["velo","cheval","nenuphar","pilote"]
ma_liste_triee=sorted(ma_liste)

print(ma_liste_triee)
```

```
ma_liste=[4,"cheval",7.8]
sorted(ma_liste)
```

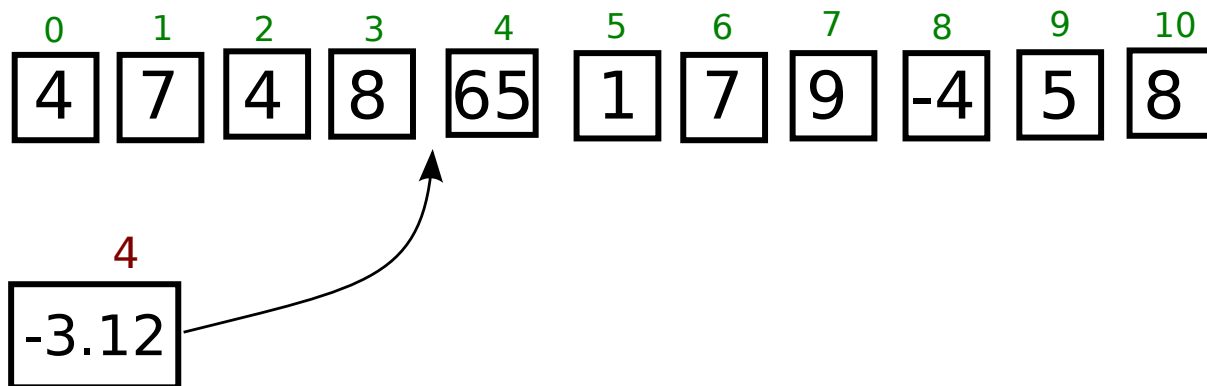
*unorderable types  
str() < int()*

# Compter nombre d'occurrences

```
ma_liste=[7,8,4,-1,4,8,-2,-1,1]  
nombre_de_huit=ma_liste.count(8)  
  
print(nombre_de_huit)
```

# Insérer un élément dans une liste

```
ma_liste=[4,7,4,8,65,1,7,9,-4,5,8]  
ma_liste.insert(4,-3.12)
```



# Supprimer par valeur

```
ma_liste=[4,7,4,8,65,1,7,9,-4,5,8]  
ma_liste.remove(8)
```

Recherche valeur et supprime l'élément

Ne supprime qu'une valeur (la première trouvée)



Différent de: **del**(*ma\_liste*[*k*])

supprime le kème élément (indice)

# Liste de listes

```
triangle=[[0,0,0],[1,-0.1,1.1],[0,1,0.5]]  
  
print(triangle[0])  
print(triangle[1])  
print(triangle[2])  
print(triangle[1][2])
```

# Application sur les listes

Soit `ma_liste=[1,2,3,4,5,6,7,8,9]`

Supprimer le deuxième élément de la liste

Afficher le troisième élément de la nouvelle liste

Insérer un 2 en quatrième position de la nouvelle liste

Soustraire 3 à l'avant dernier élément

Afficher la nouvelle liste

Trier la nouvelle liste puis l'afficher



# Application sur les listes

Soit `ma_liste=[1,2,3,4,5,6,7,8,9]`

Supprimer le deuxième élément de la liste

Afficher le troisième élément de la nouvelle liste

Insérer un 2 en quatrième position de la nouvelle liste

Soustraire 3 à l'avant dernier élément

Afficher la nouvelle liste

Trier la nouvelle liste puis l'afficher

`[1, 2, 3, 4, 5, 5, 6, 7, 9]`

```
ma_liste=[1,2,3,4,5,6,7,8,9]
del(ma_liste[1])
print(ma_liste[2])
ma_liste.insert(3,2)
ma_liste[-2]-=3
print(ma_liste)
ma_liste=sorted(ma_liste)
print(ma_liste)
```

# Ensemble éléments: Listes

Exercice:

Combien y a t'il de nombres entre -525 et 640 (inclus)  
en comptant de 5 en 5 ?

# Egalité de liste

L'affectation de liste référence la même entité

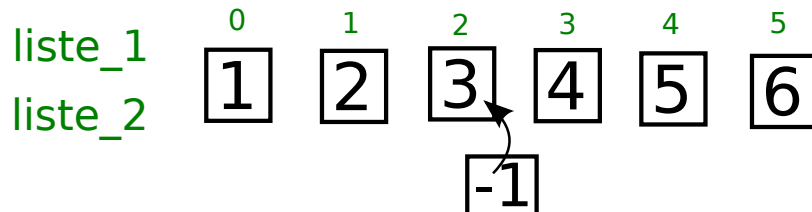
```
liste_1=[1,2,3,4,5,6]
liste_2=["a","b","c","d"]

liste_2=liste_1

print(liste_2)

liste_2[3]=-1

print(liste_2)
print(liste_1)
```



# Copie de liste

Si l'on souhaite dupliquer une liste, on appelle explicitement `list(nom_liste)`

```
liste_1=[1,2,3,4,5,6]
liste_2=["a","b","c","d"]
liste_2=list(liste_1)
print(liste_2)
liste_2[3]=-1
print(liste_2)
print(liste_1)
```

création  
d'une copie de la liste

	0	1	2	3	4	5
liste_1	1	2	3	4	5	6
	0	1	2	3	4	5
liste_2	1	2	3	-1	5	6

# Copie de liste

```
liste_1=[1,4,7,8,5,1,4,7]
```

```
sous_liste=liste_1[2:6]
```

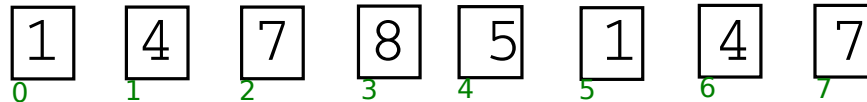
```
sous_liste[2]=15
```

```
print(sous_liste)
```

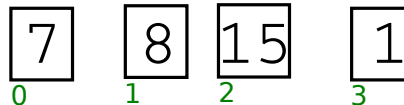
```
print(liste_1)
```

Copie "automatique"  
par sous liste

liste\_1:



sous\_liste:



Itération sur les listes

le mot clé "*for*"

# Créer des listes

$$L = \{f(k) \mid k \in \llbracket 0, N \llbracket \}$$

Exemple pour  $f(k) = (k - 2)^2$

En *français*:

`L = (k-2)^2 pour k variant dans [0,N[`

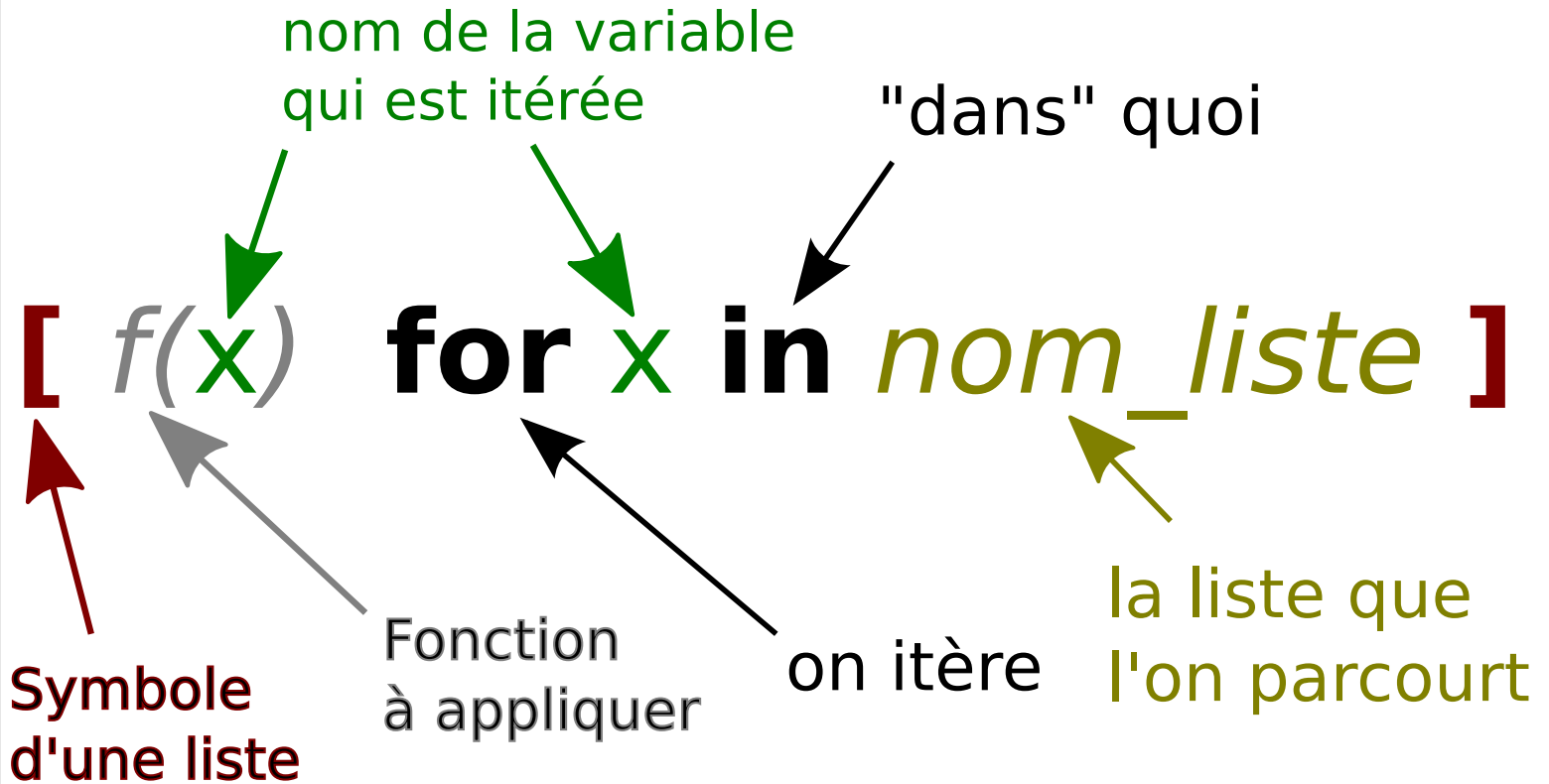
En *code*

```
L=[(k-2)**2 for k in range(0,N)]
```

(\*\* :puissance)

```
N=4  
L=[(k-2)**2 for k in range(0,N)]  
print(L)
```

# La boucle "pour"





# Application

Calculus:

$$L = \{a_k \mid k \in \llbracket -N, N \llbracket \}$$

$$a_k = k \sqrt{|k - 1|} / 4$$

$(|x| : \text{abs}(x))$

# Application

Calculus:

$$L = \{a_k \mid k \in \llbracket -N, N \llbracket \}$$

$$a_k = k \sqrt{|k - 1|} / 4$$

( $|x|$  : *abs(x)*)

```
L=[(k*abs(k-1)**0.5)/4 for k in range(-N,N)]
```

# Application

$$L = \{a_k \mid k \in \llbracket -N, N \rrbracket\}$$

$$a_k = k\sqrt{|k-1|}/4$$

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

```
L=[(k*abs(k-1)**0.5)/4 for k in range(-N,N)]
```

```
plt.plot(L)  
plt.show()
```



affichage (plot=dessine, show=montre à l'écran)

# Application

$$L = \{a_k \mid k \in \llbracket -N, N \rrbracket\}$$

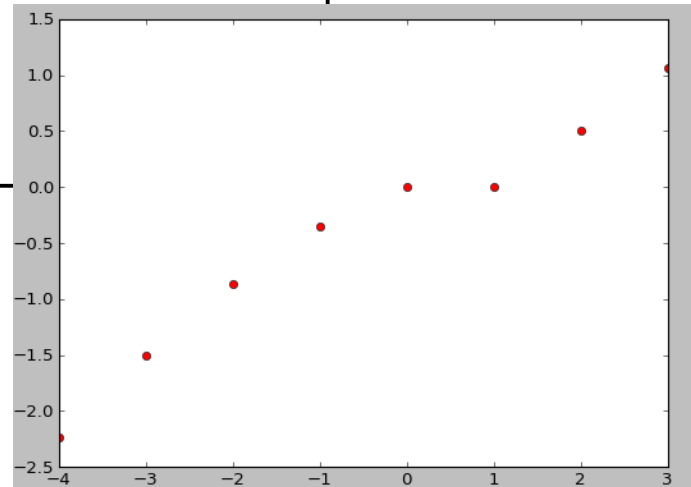
$$a_k = k\sqrt{|k-1|}/4$$

Avec les bonnes abscisses + echantillons

```
import matplotlib.pyplot as plt
L=[(k*abs(k-1)**0.5)/4 for k in range(-N,N)]
abscisses=range(-N,N)
plt.plot(abscisses,L,"ro")
plt.show()
```

en rouge

dessiner  
des ●



# Les fonctions

# Les fonctions

Remarque:

$$L = \{ f(k) \mid k \in [k_0, k_N] \}$$

$$f(k) = \dots$$

```
L=[(k*abs(k-1)**0.5)/4 for k in range(-N,N)]
```

compliqué ... peu lisible!

On souhaiterait écrire:

```
L=[f(k) for k in range(k0, kn)]
```

avec  $f(k) = \dots$

# Les fonctions

$$L = \{f(k) \mid k \in \llbracket k_0, k_N \llbracket \}$$

$$f(k) = k\sqrt{|k-1|}/4$$

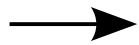
```
def f(k):  
    return k*abs(k-1)**0.5/4
```



```
k0=-4  
kn=8  
L=[f(k) for k in range(k0, kn)]
```

# Les fonctions

**def** nom\_fonction(argument):



*Faire quelque chose ...*

**return** valeur

```
def f(k):  
    return k*abs(k-1)**0.5/4  
  
k0=-4  
kn=8  
L=[f(k) for k in range(k0,kn)]
```



# Les fonctions

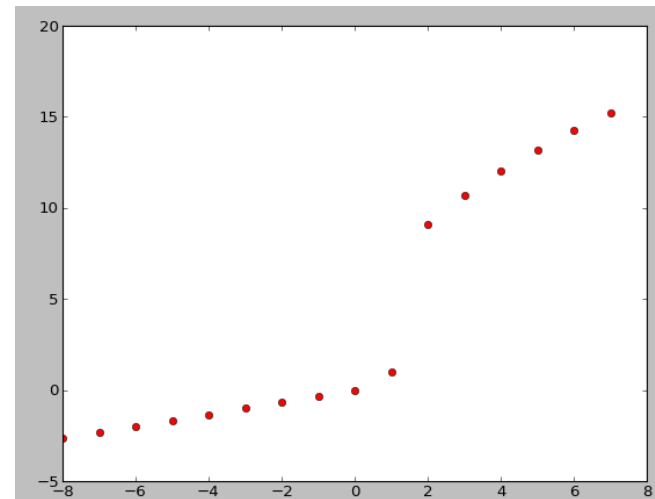
Les fonctions peuvent être *compliquées*

$$f(k) = 5\sqrt{k} + 2 \quad k \geq 2$$

$$f(k) = k^2 \quad k \in ] - 1, 2[$$

$$f(k) = k/3 \quad k \leq -1$$

```
def f(k):  
    if k >= 2 :  
        return 5*k**0.5+2  
    if k <= -1 :  
        return k/3  
    if -1 < k < 2 : #(optionnel)  
        return k**2  
  
L=[f(k) for k in range(-8,8)]  
plt.plot(range(-8,8),L, "ro")  
plt.show()
```



# Les fonctions : retour d'arguments

```
def f(x):  
    return [x[0]**2, x[1]**2, "chien"]
```

```
a = f([1,4])  
print(a) retour "liste"
```

```
x0, x1, s = f([1,4])  
print(x0, x1, s) récupère chaque argument (unpack)
```

```
b, c = f([1,4])  
print(b, " , ", c) Erreur  
ValueError: too many values to unpack
```

# Multi fichiers



ma\_lib.py

```
import math

def norm(x):
    return math.sqrt(x[0]**2+x[1]**2)

def norm3(x):
    return (x[0]**3+x[1]**3)**(1/3.0)
```



```
import ma_lib

x=[1,8]
n2=ma_lib.norm(x)
n3=ma_lib.norm3(x)

print(n2,n3)
```

namespace automatique  
(pas de collisions de noms)

# Multi fichiers



ma\_lib.py

```
import math

def norm(x):
    return math.sqrt(x[0]**2+x[1]**2)

def norm3(x):
    return (x[0]**3+x[1]**3)**(1/3.0)
```



```
from ma_lib import norm3

x=[1,8]
#n2=norm(x) non accessible
n3=norm3(x) plus de namespace

print(n3)
```

# Multi fichiers



ma\_lib.py

```
import math

def norm(x):
    return math.sqrt(x[0]**2+x[1]**2)

def norm3(x):
    return (x[0]**3+x[1]**3)**(1/3.0)
```



```
from ma_lib import *

x=[1,8]
n2=norm(x)    Tout est
n3=norm3(x)   accessible

print(n3)
```



A éviter

# Les fonctions

Les fonctions peuvent prendre des paramètres

$$f(k) = ak^2 + b$$

```
def f(k, a, b):  
    return a*k**2+b
```

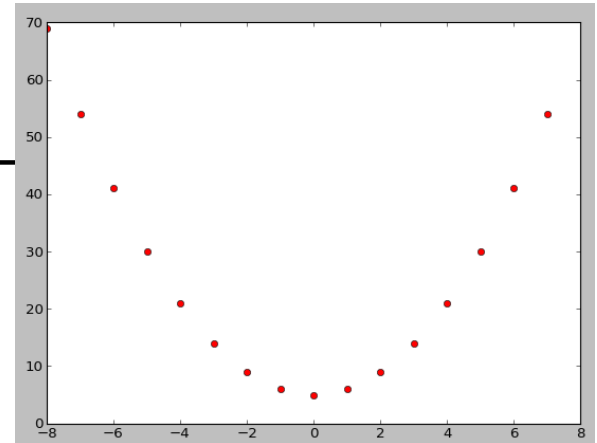
```
a=1
```

```
b=5
```

```
L=[f(k, a, b) for k in range(-8, 8)]
```

```
plt.plot(range(-8, 8), L, "ro")
```

```
plt.show()
```



# Les fonctions

Les fonctions peuvent être vectorielles

 $\mathbb{R}^3$  $\mathbb{R}^2$ 

$$f : (x, y, z) \mapsto (x^2 + y, xy)$$

```
def f(x, y, z):  
    return [x**2+y, x*y]
```

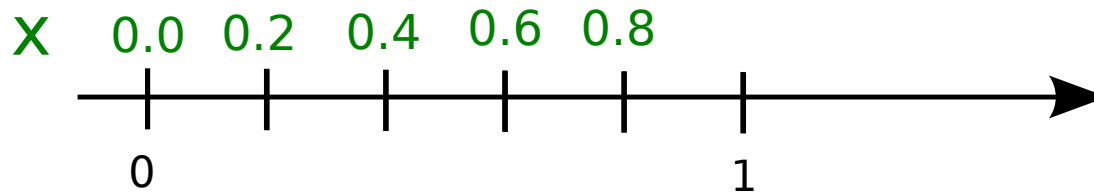
```
v=f(1.5, 2.2, -1.1)  
print(v)
```

# Manipulation de fonctions réelles



# Echantillonner dans $\mathbb{R}$

Calculer et stocker N valeurs  
également réparties sur  $[0,1[$



```
N=10  
x=[k/N for k in range(0,N)]  
print(x)
```

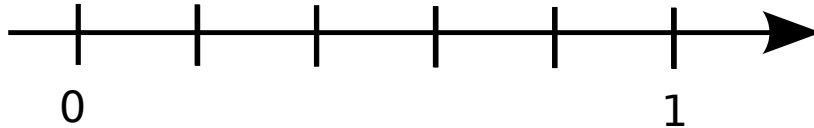
# Echantillonner dans $\mathbb{R}$

Calculer et stocker les N échantillons de  $f(x)$

$$f(x) = x(x^2 - 1)$$

$$x \in [0, 1[$$

y[0] y[1] y[2] y[3] y[4]  
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8

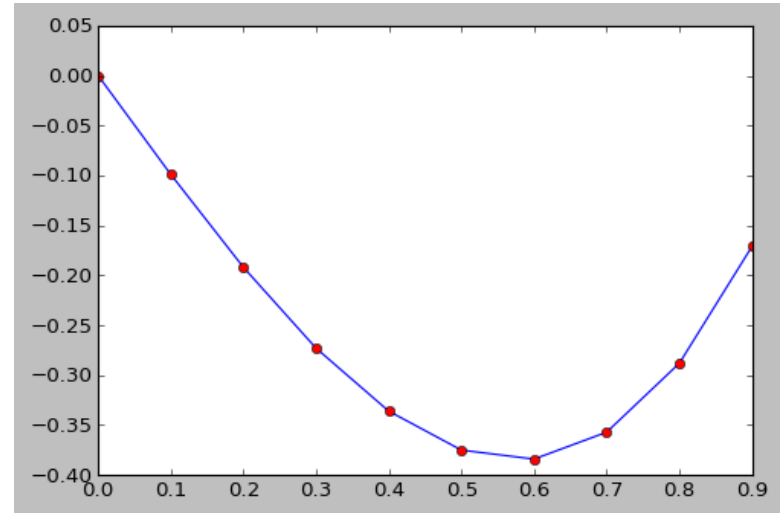


```
def f(x):  
    return x*(x**2-1)
```

```
N=10  
x=[k/N for k in range(0,N)]
```

```
y=[f(x_k) for x_k in x]
```

```
plt.plot(x,y)  
plt.plot(x,y, "ro")  
plt.show()
```



# Echantillonner dans $\mathbb{R}$

Calculer N échantillons de f pour  $x \in [a, b[$

$$f(x) = \cos(2x)$$

$$[a, b[ = [-2.3, 4.1[$$

```
from math import cos

def f(x):
    return cos(2*x)

N=30

#vecteur sur [0,1[
u=[k/N for k in range(0,N)]

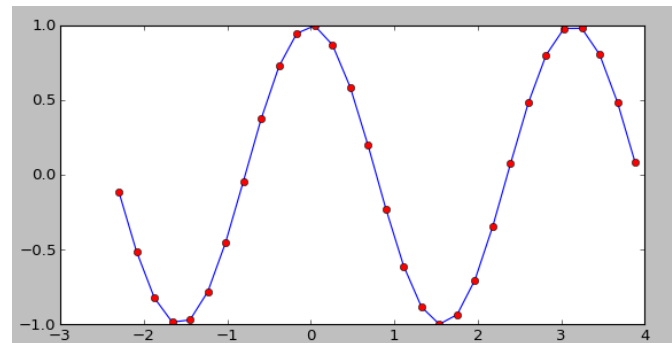
#vecteur sur [a,b[
a,b=-2.3,4.1
x=[u_k*(b-a)+a for u_k in u]

#f(x) pour x sur [a,b[
f=[f(x_k) for x_k in x]

plt.plot(x,f)
plt.plot(x,f,"ro")
plt.show()
```

$$\left[0, \frac{1}{N}, \frac{2}{N}, \dots, \frac{N-1}{N}\right]$$

$$(b-a) \left[0, \frac{1}{N}, \frac{2}{N}, \dots, \frac{N-1}{N}\right] + a$$



# Application

La diode possède une caractéristique s'exprimant sous cette forme

$$I = I_0 \left( \exp \left( \frac{V}{V_T} \right) - 1 \right)$$
$$V_T = \frac{kT}{q}$$

$$I_0 = 100 \text{ nA}$$
$$q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$
$$k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

Tracer la caractéristique pour  $T=25^\circ$  et  $T=65^\circ$   
(298K)      (338K)

$$V \in [-0.1, 0.4] \text{V}$$

Rem: Pour exponentielle

```
from math import exp  
exp(x)
```

# Application

$$I = I_0 \left( \exp \left( \frac{V}{V_T} \right) - 1 \right) \quad V_T = \frac{k T}{q}$$

$$I_0 = 100 \text{ nA}$$
$$q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$
$$k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$V \in [-0.1, 0.4] \text{V}$$

$$(298\text{K})$$

$$(338\text{K})$$

```
def f(V,T):
```

```
    #constantes
```

```
    k=1.38e-23
```

```
    q=1.6e-19
```

```
    I0=100e-9
```

```
    # "thermal voltage"
```

```
    Vt=k*T/q
```

```
    #courant
```

```
    I=I0*(exp(V/Vt)-1)
```

```
    return I
```

```
N=100
```

```
Vmin=-0.1
```

```
Vmax=0.4
```

*vecteur sur [0,1[*

```
u=[k/N for k in range(0,N)]
```

*vecteur sur [V<sub>min</sub>,V<sub>max</sub>[*

```
V=[(Vmax-Vmin)*u_k+Vmin for u_k in u]
```

```
#courant a 25 degrees
```

```
I_1=[f(v_k,298) for v_k in V]
```

```
#courant a 65 degrees
```

```
I_2=[f(v_k,338) for v_k in V]
```

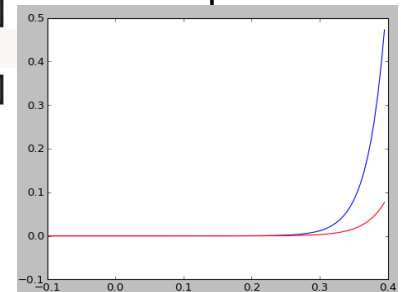
```
plt.plot(V,I_1,"b")
```

```
plt.plot(V,I_2,"r")
```

```
plt.show()
```

```
print(I)
```

```
print(V)
```



# Fonctions disponibles

# Somme des éléments

$$S = \sum_k x_k$$

```
vec=[1,7,8,4,5]  
S=sum(vec)
```

Application:

$$n = \left( \sum_k x_k^2 \right)^{1/2}$$

```
vec=[1,7,8,4,5]  
n=sum([x_k**2 for x_k in vec])**0.5
```

# Min/Max des éléments

```
vec=[1,7,8,4,-2,5]  
a=max(vec)  
b=min(vec)  
print(a)  
print(b)
```



# Il existe un élément ...

Soit  $(a_k)_{k \in [0, N[}$

Question:  $\exists k \in [0, N[, a_k = 4$

En français:

**Il existe au moins** un élément tel que  $a_k$  égale 4  
**pour**  $k$  variant entre  $[0, N[$

En code:

```
any(x==4 for x in vec)
```

True

(type booléen)

False

# Il existe un élément ...

Exemple:

```
vec=[1,7,8,4,-2,5]
est_ce_vrai = any(x==4 for x in vec)

print(est_ce_vrai)
```

```
vec=[1,7,8,4,-2,5]
est_ce_vrai = any(x>9 for x in vec)

print(est_ce_vrai)
```

# Tous les éléments ...

Soit  $(a_k)_{k \in [0, N[}$

Question:  $\forall k \in [0, N[, a_k < 12$

En français:

**Tous** les  $a_k$  sont inférieurs à 12  
**pour**  $k$  variant entre  $[0, N[$

En code:

```
all(x < 12 for x in vec)
```

True

(type booléen)

False

# Application

```
v1=[1,0,0]
v2=[0,1,0]
v3=[1/(3**0.5),1/(3**0.5),1/(3**0.5)]
v4=[1/(2**0.5),0/(2**0.5),1/(2**0.5)]

ensemble_vecteurs=[v1,v2,v3,v4]
```

Vérifiez que les vecteurs sont tous unitaires

$$\forall k \in [0, N[, \left| \|v_k\| - 1 \right| < \epsilon$$

(On évitera la notation  $v_k = a$  pour des nombres à virgule)

# Application

```
v1=[1,0,0]
v2=[0,1,0]
v3=[1/(3**0.5),1/(3**0.5),1/(3**0.5)]
v4=[1/(2**0.5),0/(2**0.5),1/(2**0.5)]

ensemble_vecteurs=[v1,v2,v3,v4]
```

```
def norme(v):
    return sum(x_k**2 for x_k in v)**0.5

epsilon=1e-6
verification=all(abs(norme(v)-1)<epsilon for v in ensemble_vecteurs)

print(verification)
```

Cas d'application

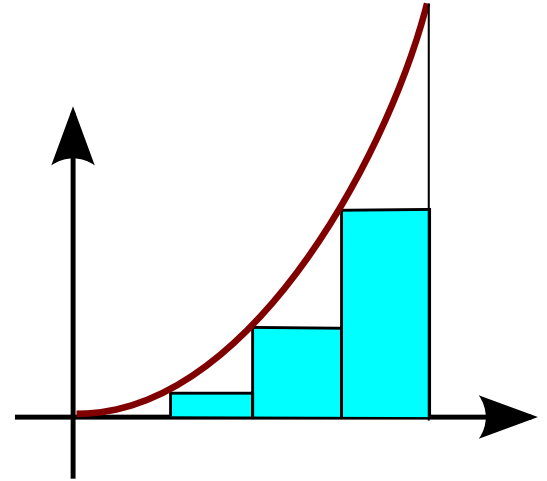
Calcul intégral

# Calcul intégral

Soit  $f(x) = ax^2 + bx + c$

$$\int_0^1 f(x) dx \simeq \sum_{k=0}^{k < N} f(k\Delta x) \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{1}{N}$$

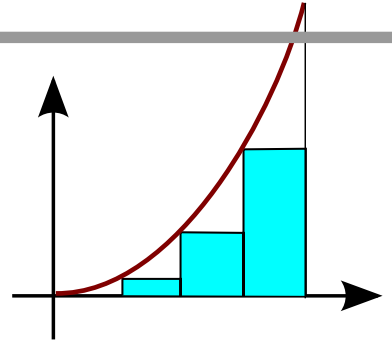


Calculer cette intégrale pour  $a=3$ ,  $b=2$ ,  $c=1$  (prendre  $N=100$ )

# Calcul intégral

$$\int_0^1 f(x) dx \simeq \sum_{k=0}^{k < N} f(k\Delta x)\Delta x \quad \Delta x = \frac{1}{N}$$

$$f(x) = ax^2 + bx + c$$



```
a=3
```

```
b=2
```

```
c=1
```

```
def f(x):
```

```
    return a*x**2+b*x+c
```

```
N=100
```

```
dx=1/N
```

```
I=dx*sum([f(k*dx) for k in range(0,N)])
```

```
print(I)
```



# Calcul intégral

Quelle est l'erreur  $E$  par rapport à la vraie valeur?

Tracer le log de l'erreur en fonction de  $N$

# Calcul intégral

Quelle est l'erreur E par rapport à la vraie valeur?

Tracer le log de l'erreur en fonction de N

```
a=3
b=2
c=1

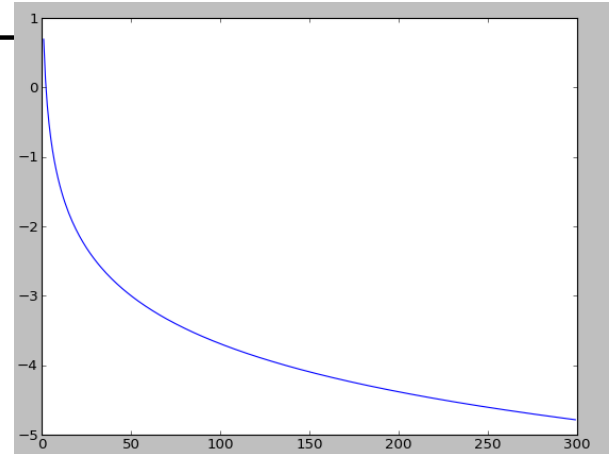
def f(x):
    return a*x**2+b*x+c

def vraie_integrale():
    return a/3+b/2+c

def integrale_numerique(N):
    dx=1/N
    return dx*sum([f(k*dx) for k in range(0,N)])

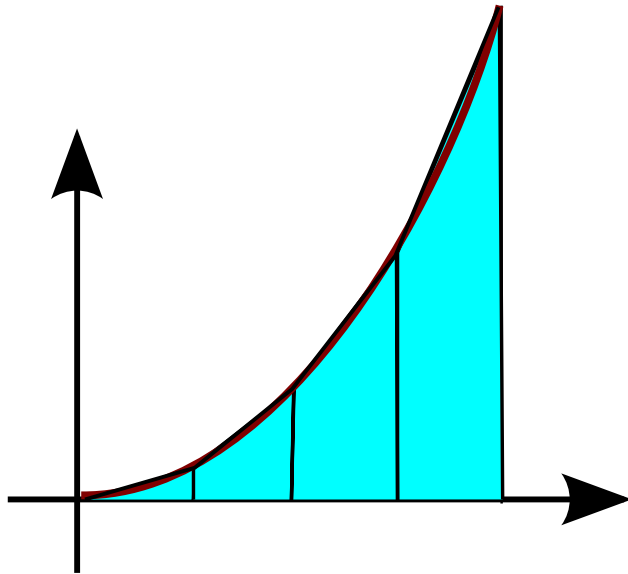
N_variable=range(1,300)
E=[log(abs(integrale_numerique(N)-vraie_integrale())) for N in N_variable]

plt.plot(N_variable,E)
plt.show()
```



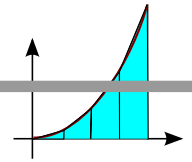
# Calcul intégral

$$I = \int_0^1 f(x) dx \simeq \frac{\Delta x}{2} \sum_{k=0}^{k < N} f(k\Delta x) + f((k+1)\Delta x)$$



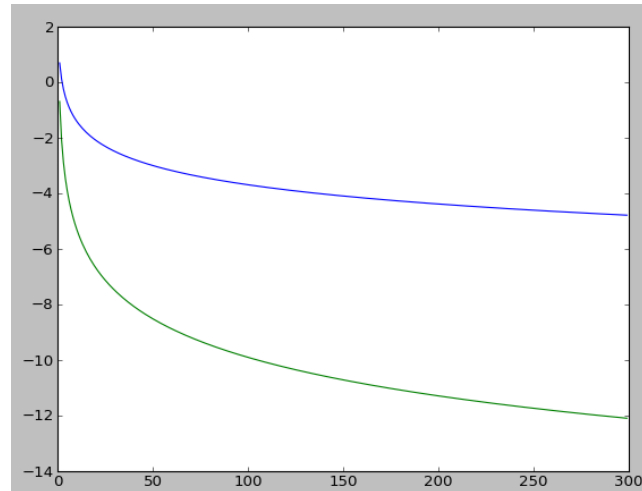
Meilleure approximation

# Calcul intégral

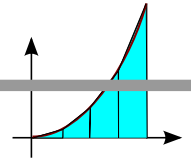


$$I = \int_0^1 f(x) dx \simeq \frac{\Delta x}{2} \sum_{k=0}^{k < N} f(k\Delta x) + f((k+1)\Delta x)$$

```
def integrale_numerique_trapeze(N):  
    dx=1/N  
    return dx/2*sum([f(k*dx)+f((k+1)*dx) for k in range(0,N)])
```



# Calcul intégral



$$I = \int_0^1 f(x) dx \simeq \frac{\Delta x}{2} \sum_{k=0}^{k < N} f(k\Delta x) + f((k+1)\Delta x)$$

Rem, pour faire moins de calculs:

$$I = \frac{\Delta x}{2} \left( f(0) + f(1) + 2 \sum_{k=1}^{k < N} f(k\Delta x) \right)$$

```
def integrale_numerique_trapeze_2(N):  
    dx=1/N  
    return dx/2*(f(0)+f(1)+2*sum([f(k*dx) for k in range(1,N)]))
```

# Calcul intégral

Evaluer la longueur de la courbe de  $f$  sur  $[0,1]$

$$L = \int_0^1 (f'(x)^2 + 1)^{1/2} dx$$

Boucle for "avancée"

# Boucle sur des mots

```
ensemble=["pommes", "poires", "champignons", "poivrons"]  
[print("j'aime manger des "+aliment) for aliment in ensemble]
```

j'aime manger des pommes  
j'aime manger des poires  
j'aime manger des champignons  
j'aime manger des poivrons



# Boucle sur plusieurs vecteurs

```
ensemble_matiere=["math","physique","chimie","informatique"]  
ensemble_notes=[12.1,8.4,12.3,7.8]  
  
[print(matiere,":",note) for matiere , note  
in zip(ensemble_matiere,ensemble_notes)]
```

→ met les éléments ensemble

```
math : 12.1  
physique : 8.4  
chimie : 12.3  
informatique : 7.8
```

# Boucle "classique"

Remarque: Parfois/souvent  $f$  est

- complexe
- ne retourne rien / modifie  $x$  (la liste)
- n'est écrite qu'une seule fois

```
[ f(x) for x in nom_liste ]
```

```
for x in nom_liste:
```



```
f(x)
```

# Boucle "classique"

## Exemple

```
for x in range(0,8):  
    print(x)
```

```
for x in range(-3,4):  
    if(x%2 == 0):  
        print(x, "est pair")  
    else:  
        print(x, "est impair")
```

a%b  
reste de la division  
euclidienne

# Boucle "classique"

Soit:

```
ensemble_matiere=["math", "physique", "chimie", "informatique"]  
ensemble_notes=[9.1,8.4,16.3,7.8]
```

Afficher "attention + nom\_matiere" si note<10

Afficher "ATTENTION + nom\_matiere" si note<8

Afficher "TB + nom\_matiere" si note>15

# Boucle "classique"

Soit:

```
ensemble_matiere=["math", "physique", "chimie", "informatique"]  
ensemble_notes=[9.1,8.4,16.3,7.8]
```

Afficher "attention + nom\_matiere" si note<10

Afficher "ATTENTION + nom\_matiere" si note<8

Afficher "TB + nom\_matiere" si note>15

```
for matiere,note in zip(ensemble_matiere,ensemble_notes):  
  
    if(note<8):  
        print("ATTENTION",matiere,"!!!")  
    elif(note<10):  
        print("attention",matiere)  
    elif(note>15):  
        print("TB",matiere)
```

# Boucle "classique"

Modification d'éléments:

Ajouter 2 à toutes les notes si elles sont inférieures à 8

```
notes=[9.1,8.4,16.3,7.8]
for k in range(len(notes)):
    if(notes[k]<8):
        notes[k]=notes[k]+2
```

# Récupérer valeur et indice

```
ma_liste=[9.1,8.4,16.3,7.8]
for indice,valeur in enumerate(ma_liste):
    print(indice,valeur)
```

```
0 9.1
1 8.4
2 16.3
3 7.8
```

Similaire à :

```
for indice in range(len(ma_liste)):
    valeur=ma_liste[indice]

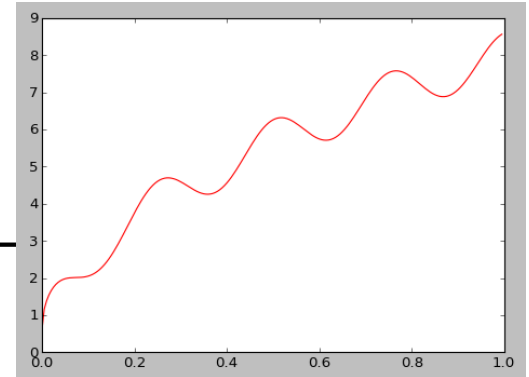
    print(indice,valeur)
```

# Récupérer valeur et indice

Application: Rendre une suite croissante

Soit la suite  $(a_k)_{k \in \llbracket 0, N \llbracket$

Si  $a_{k+1} < a_k$ , alors  $a_{k+1} := a_k$



$$\forall k \in \llbracket 0, N \llbracket, a_k := f(k/N)$$

$$\forall x \in [0, 1], f(x) := 8\sqrt{x} + 0.6 \cos(25x)$$



# Récupérer valeur et indice

Application: Rendre une suite croissante

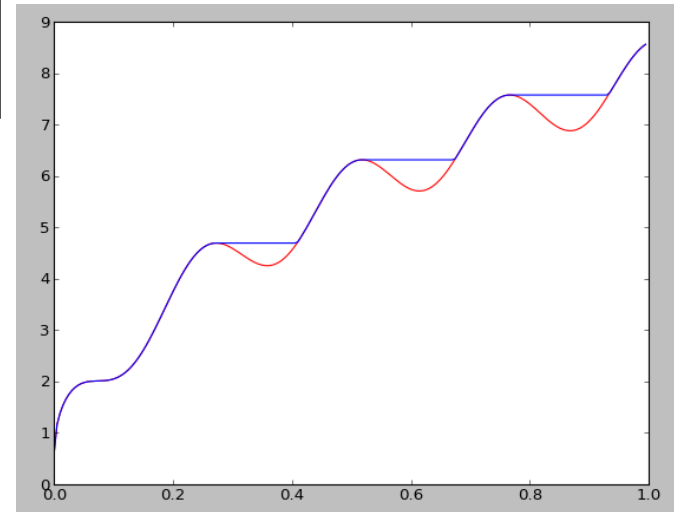
Soit la suite  $(a_k)_{k \in \llbracket 0, N \llbracket$

Si  $a_{k+1} < a_k$ , alors  $a_{k+1} := a_k$

$\forall k \in \llbracket 0, N \llbracket, a_k := f(k/N)$

$\forall x \in [0, 1], f(x) := 8\sqrt{x} + 0.6 \cos(25x)$

```
for k, a_k in enumerate(a):  
    if k+1 < N and a[k+1] < a[k]:  
        a[k+1] = a[k]
```



# Application

Soit:

```
matieres=["math", "physique", "chimie", "informatique"]  
notes=[9.1, 8.4, 11.3, 6.8]
```

Soit  $m$  la moyenne des notes

Ajouter 2 points à chaque note si  $m$  est inférieur à 10

Ajouter seulement 1 point pour les maths

Si  $m$  inférieur à 8, rajouter 3 points à la chimie

# Application

Soit:

```
matieres=["math", "physique", "chimie", "informatique"]
notes=[9.1, 8.4, 11.3, 6.8]
```

Soit  $m$  la moyenne des notes

Ajouter 2 points à chaque note si  $m$  est inférieur à 10

Ajouter seulement 1 point pour les maths

Si  $m$  inférieur à 8, rajouter 3 points à la chimie

```
matieres=["math", "physique", "chimie", "informatique"]
notes=[9.1, 8.4, 11.3, 6.8]

moyenne=sum(notes)/len(notes)

if(moyenne<10):
    for k in range(len(notes)):
        if matiere[k]=="math":
            notes[k] = notes[k]+1
        elif matiere=="chimie" and moyenne<8:
            notes[k] = notes[k]+3
        else:
            notes[k] = notes[k]+2

[print(matiere, ":", note) for matiere, note
 in zip(matieres, notes)]
```

# Application

Soit  $f(x) = E(x) \% 2$        $E$ : partie entière ( $\text{int}(x)$ )  
 $x$  appartenant à  $[0, 10]$

Calculer  $N=200$  échantillons  $(y_k)$  de  $f$  sur  $[0, 10[$

Calculer  $z_k$ , tel que  $z_k = 1/3 (y_{k+1} + y_k + y_{k-1})$

pour  $k$  dans  $[1, N-1[$ , sinon  $z_k = y_k$  pour  $k=0$  et  $k=N$

Itérer le processus sur  $z$  ... 15 fois

$$g(x) = \int_{y=x-\epsilon}^{y=x+\epsilon} f(y) dy$$

# Application

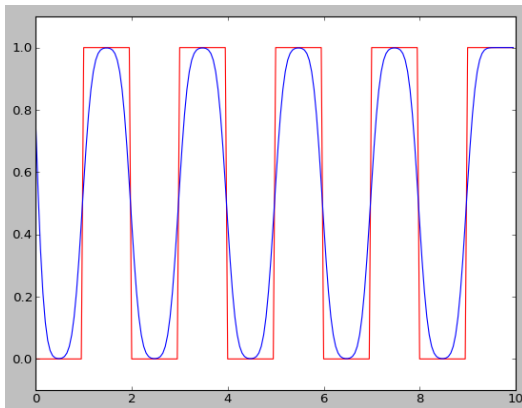
Soit  $f(x) = E(x) \% 2$      $E$ : partie entière ( $\text{int}(x)$ )  
 $x$  appartenant à  $[0,10]$

Calculer  $N=200$  échantillons ( $y_k$ ) de  $f$  sur  $[0,10[$

Calculer  $z_k$ , tel que  $z_k = 1/3 (y_{k+1} + y_k + y_{k-1})$   
pour  $k$  dans  $[1, N-1[$ , sinon  $z_k = y_k$  pour  $k=0$  et  $k=N$

Itérer le processus sur  $z$  ... 15 fois

$$g(x) = \int_{y=x-\epsilon}^{y=x+\epsilon} f(y) dy$$



```
def f(x):  
    return int(x)%2  
  
def g(y):  
  
    y2=list(y);  
  
    for k,y_k in enumerate(y[1:-1]):  
        y2[k]=1/3*(y[k-1]+y[k]+y[k+1])  
  
    return y2
```

```
N=200;  
x=[10*k/N for k in range(N)]  
y=[f(x_k) for x_k in x]
```

```
plt.plot(x,y,"r")
```

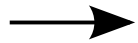
```
for k in range(15):  
    y=g(y)
```

```
plt.plot(x,y)  
plt.axis([0,10,-0.1,1.1])  
plt.show()
```

Boucle while / "tant que"

# Boucle while / "tant que"

**while** *condition\_vraie* :



Faire quelque chose

```
a=5
while a>2:
    a=0.65*(a+1)
    print(a)
```

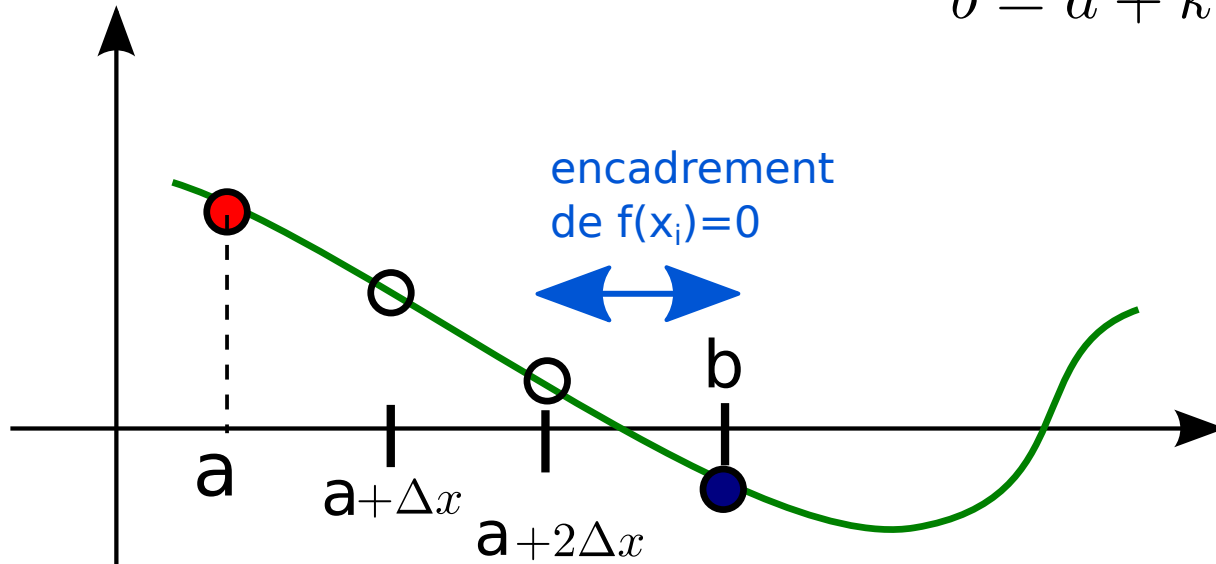
On ne connaît pas forcément  
le nombre d'itérations

# Application: encadrement

Soit  $f$  une fonction continue de  $\mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$

Soit  $a$ ,  $f(a) > 0$       Trouver  $b$ ,  $f(b) < 0$

$$b = a + k\Delta x$$

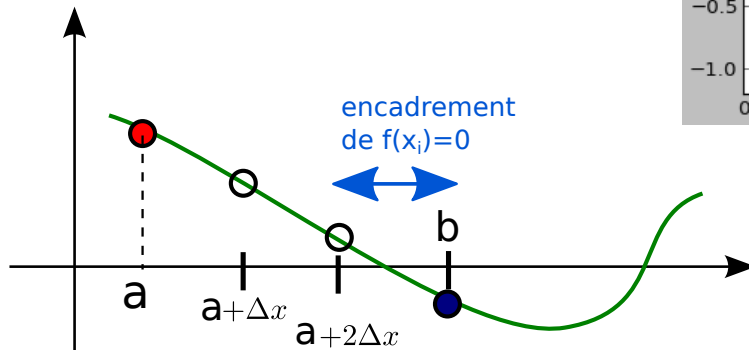
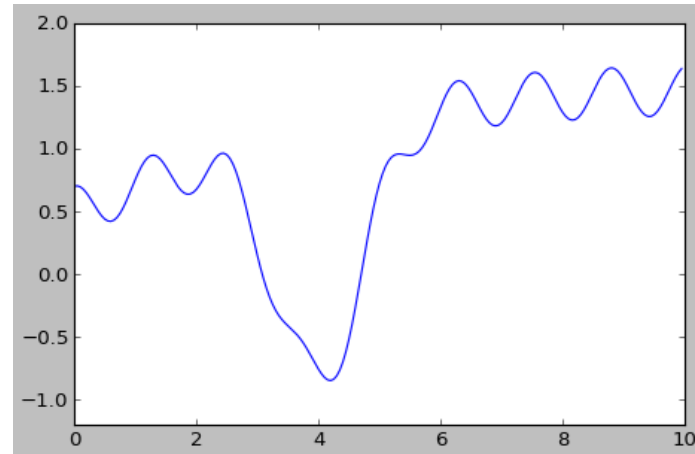




# Application: encadrement

$$f(x) = \frac{1}{2} + \tanh\left(\frac{x}{5}\right) - 2e^{-(x-4)^2} + 0.2 \cos(5x)$$

$$a = 0 \quad \Delta x = 0.1$$



# Application: encadrement

$$f(x) = \frac{1}{2} + \tanh\left(\frac{x}{5}\right) - 2e^{-(x-4)^2} + 0.2 \cos(5x)$$

$$a = 0 \quad \Delta x = 0.1$$

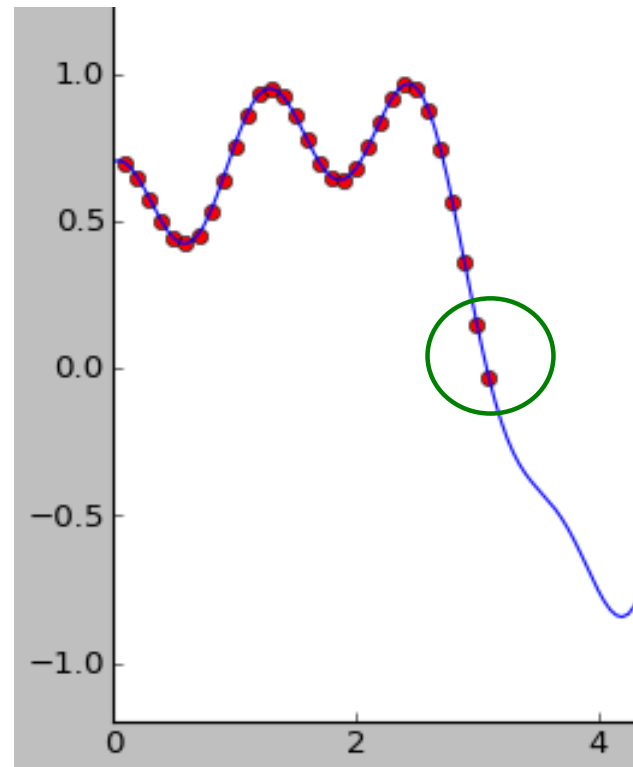
$dx=0.1$

$a=0$

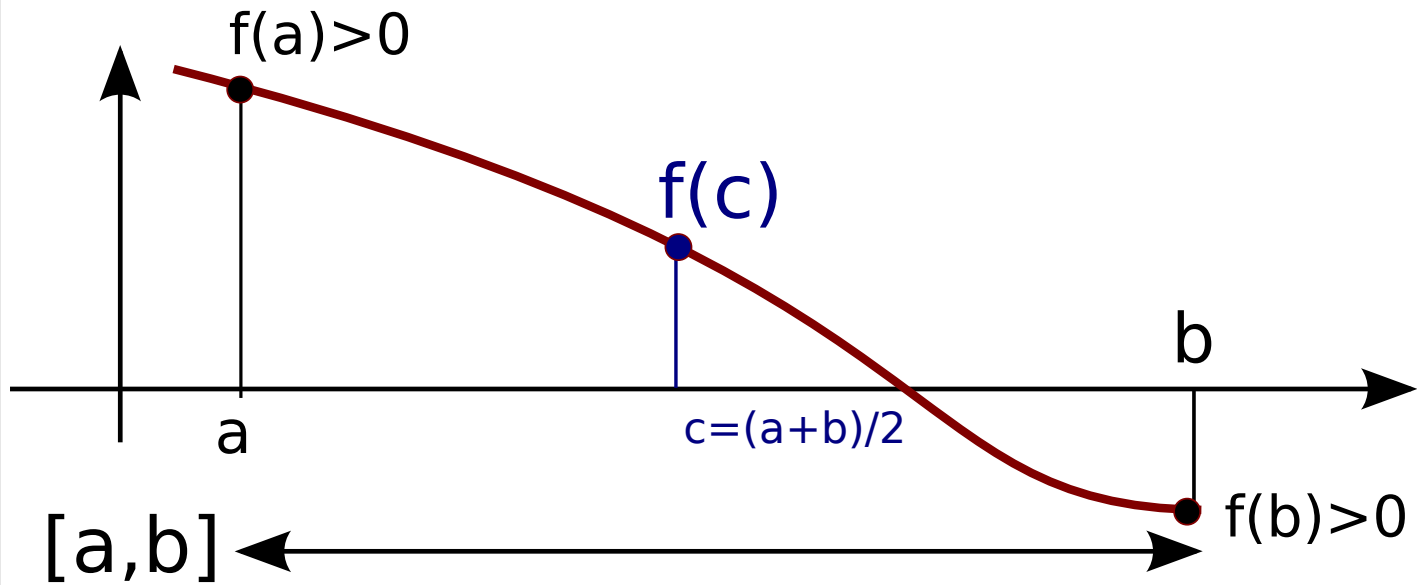
$x=a$

**while**  $f(x)>0$ :

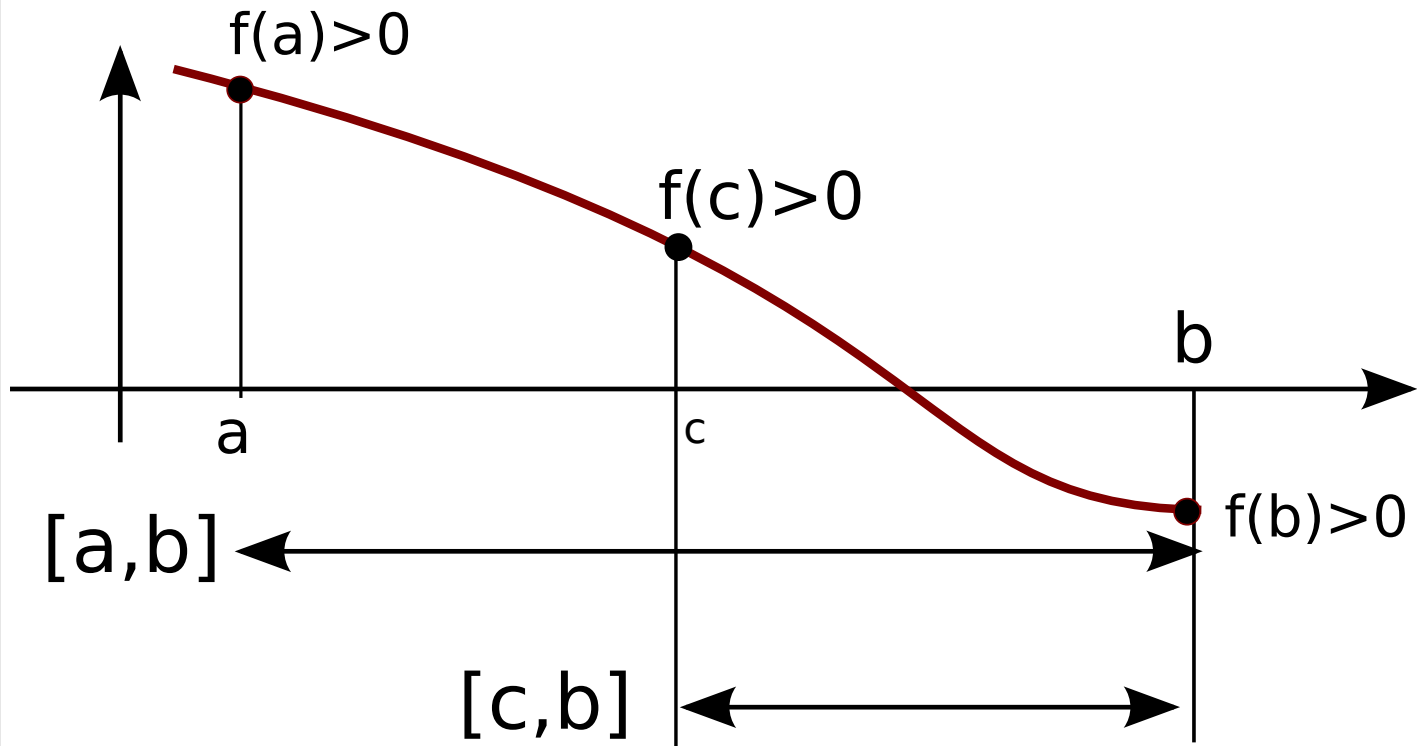
$x=x+dx$



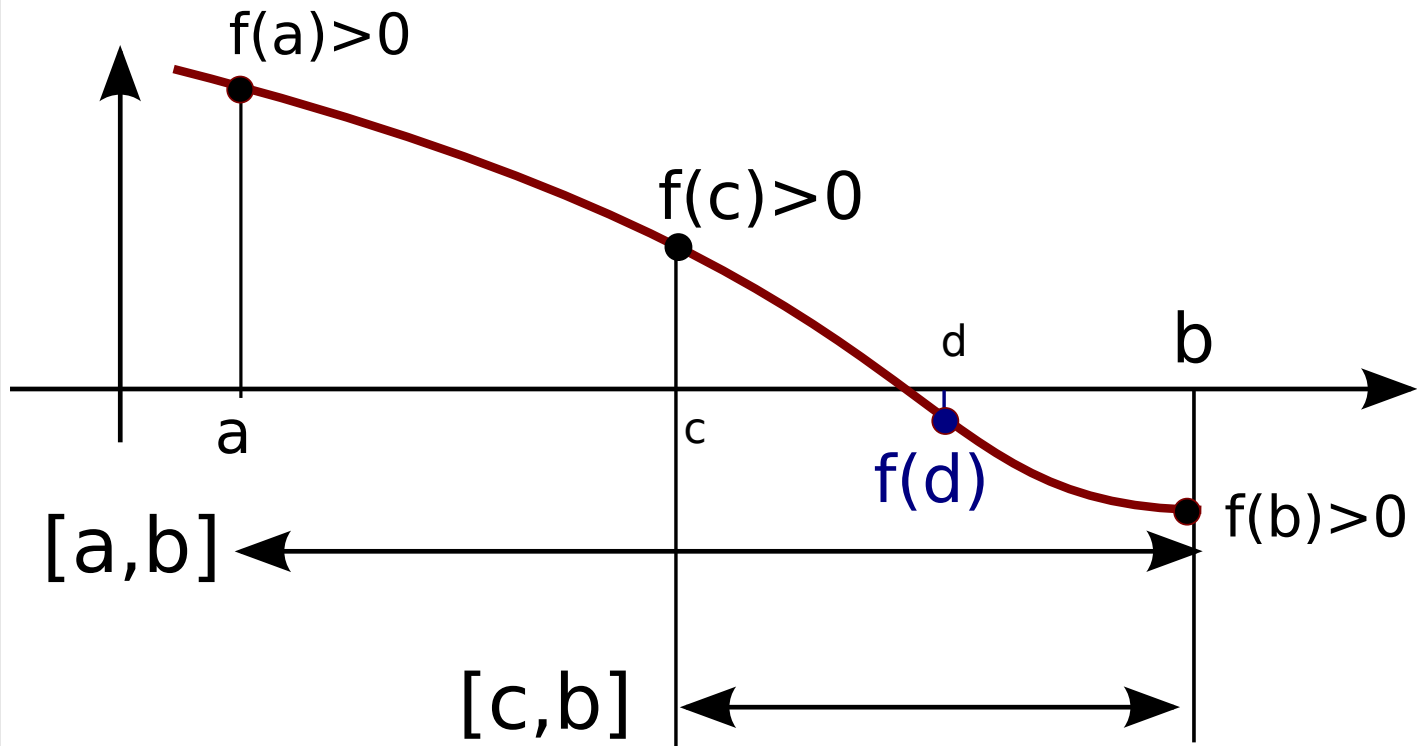
# Dichotomie



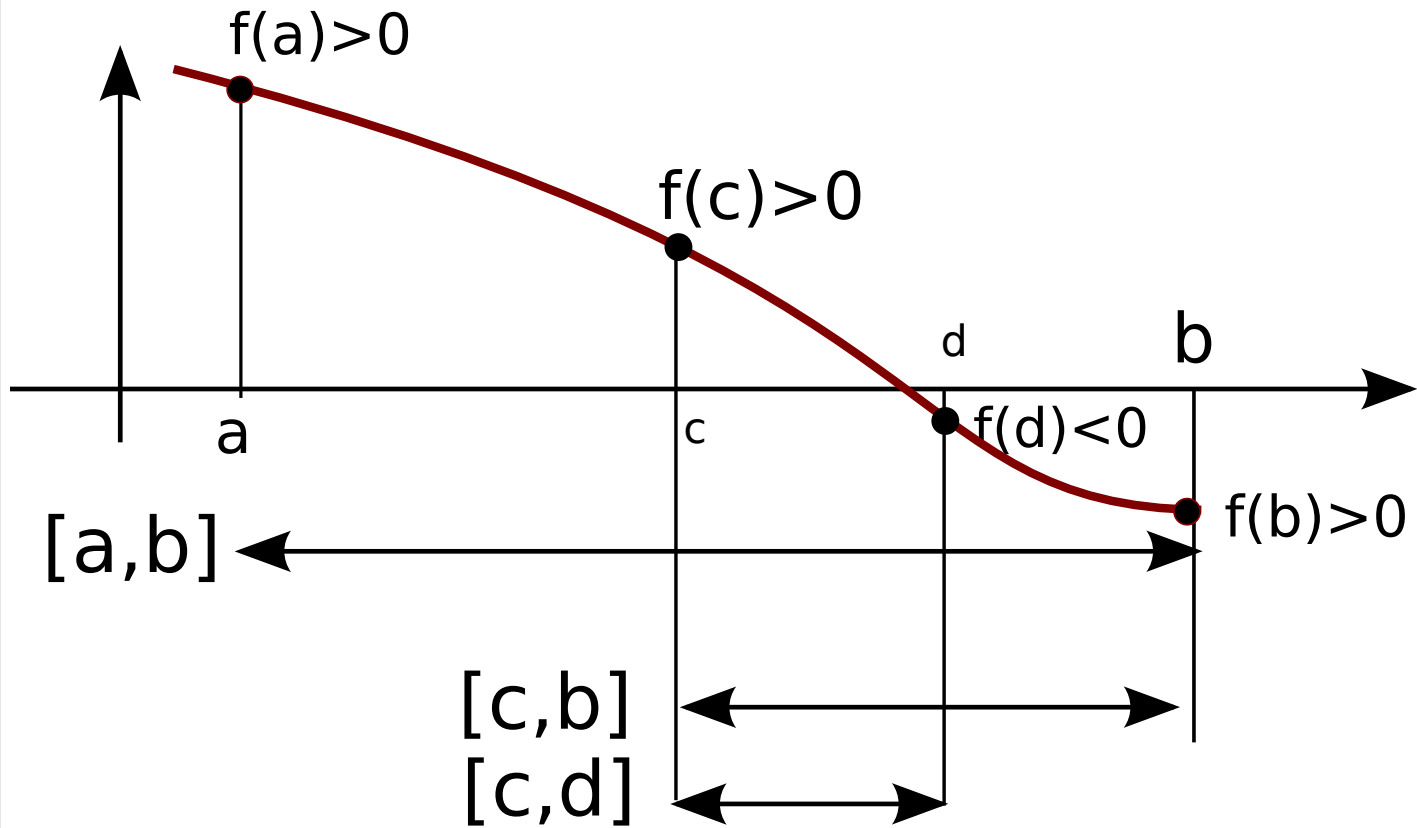
# Dichotomie



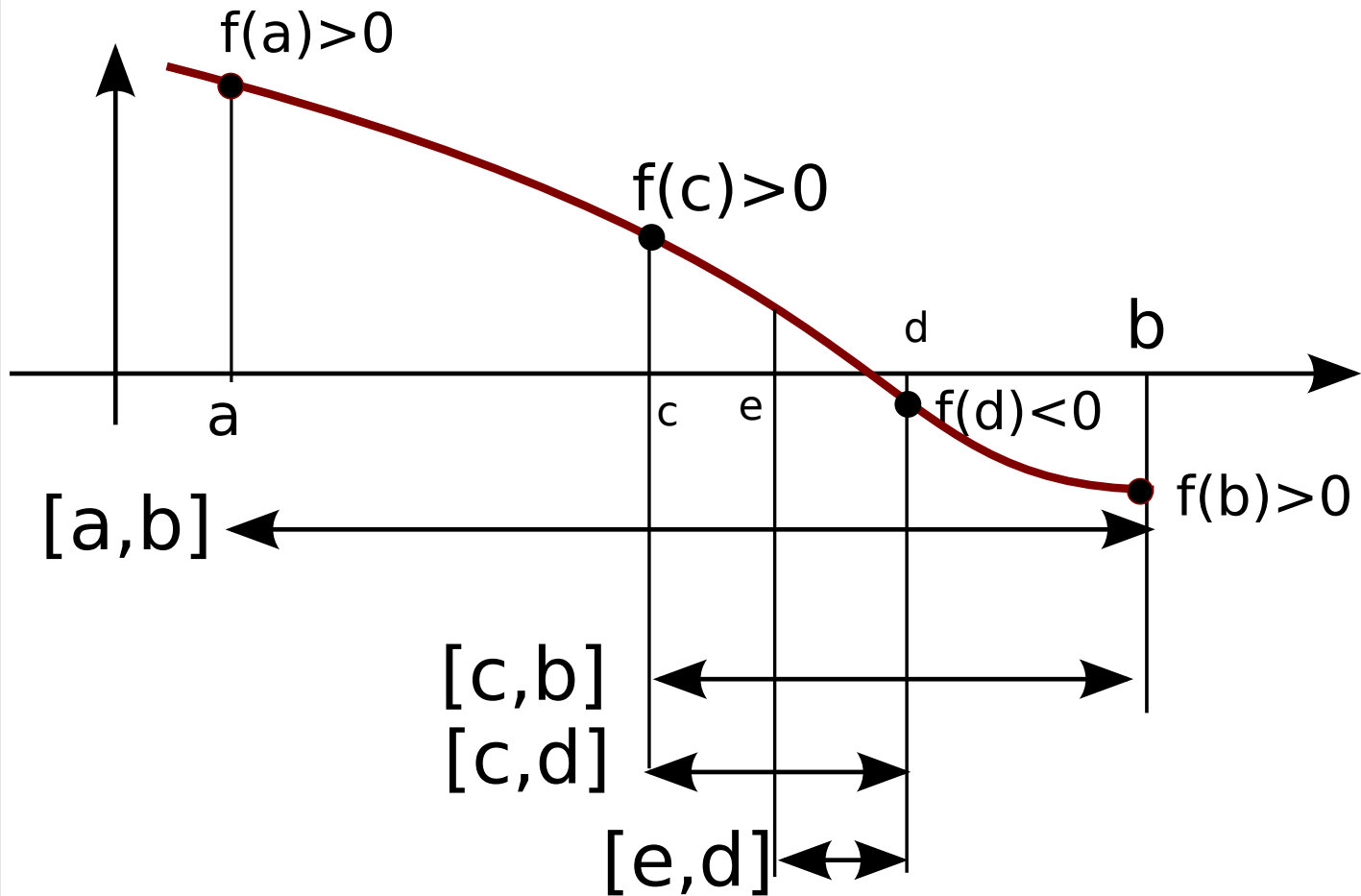
# Dichotomie



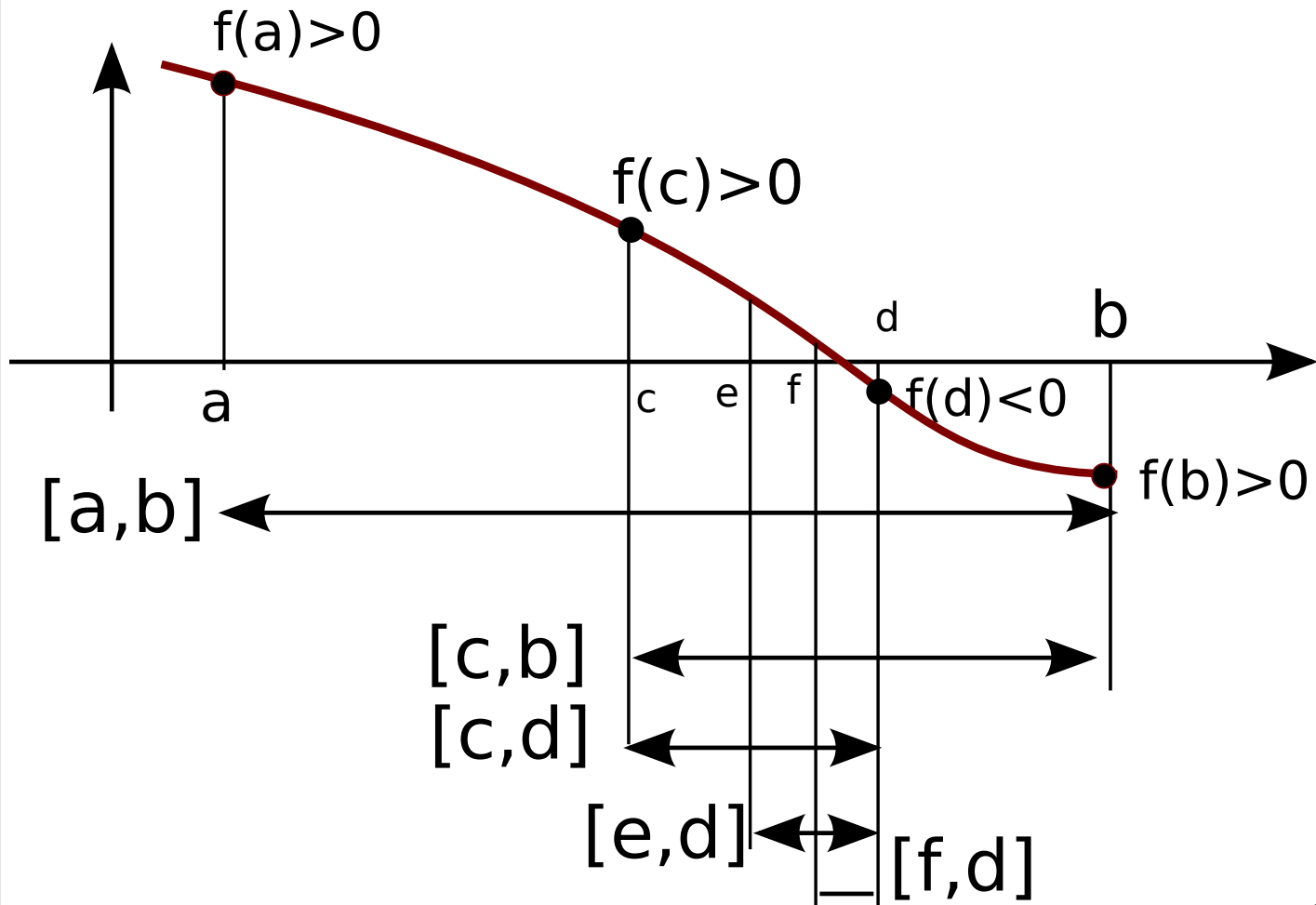
# Dichotomie



# Dichotomie



# Dichotomie





# Dichotomie

## Algorithme

Soit  $[a,b]$ ,  $f(a) > 0$  et  $f(b) < 0$

**Tant que**  $|b-a| > \text{erreur\_max}$

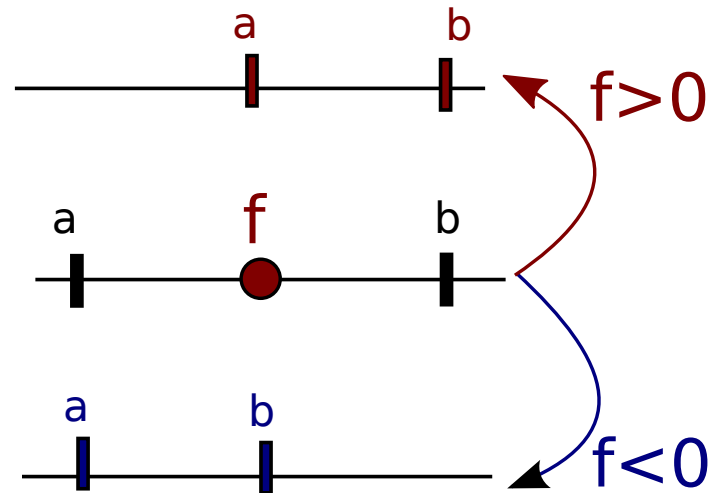
Calculer  $f(c)$ , avec  $c = (a+b)/2$

**Si**  $f(c) > 0$

$[a,b] \leftarrow [c,b]$

**Sinon**

$[a,b] \leftarrow [a,c]$



# Dichotomie

Application: calculer le zéro de  $f$   
pour un intervalle d'encadrement de  $10^{-6}$

# Dichotomie

Application: calculer le zéro de  $f$   
pour un intervalle d'encadrement de  $10^{-6}$

```
dx=0.1
a=0
x=a
while f(x)>0:
    x=x+dx
a=x-dx
b=x

epsilon=1e-6
while abs(b-a)>epsilon:
    c=(a+b)/2
    if f(c)>0:
        a=c
    else:
        b=c

print(c, f(a), f(b))
```

# Arguments en Python

# Typage fort

Python est un langage "fortement" typé  
(contrairement au C !)

```
def func(a):  
    s=type(a)  
    print(s)  
  
    return [a,5]
```

```
func("cheval")  
func(8)  
func(1.4)  
func(True)  
func([4,7])  
func([])
```

Le type est connu  
à tout instant

```
<class 'str'>  
<class 'int'>  
<class 'float'>  
<class 'bool'>  
<class 'list'>  
<class 'list'>
```

# Type

```
def func(a):  
    if isinstance(a, str):  
        return "string"  
    elif isinstance(a, float):  
        print(a+4)  
    else:  
        return [4,5]
```

```
func("cheval")  
func(4.5)
```

rem.  
Retour variable



**isinstance** : comparaison du type

# ID

```
a=[4,7,8];  
b=[4,7,8];  
c=a;  
  
print(id(a),id(b),id(c))
```

id ~ adresse

=> Mais on n'accède pas à l'objet à partir de l'id!

# Fonctions arguments

Les fonctions peuvent être passées en tant qu'argument

```
def affichage_simple(T):  
    print(T)  
  
def affichage_debug(T):  
    print("type : ", type(T))  
    print("id : ", id(T))  
    print("length : ", len(T))  
    print(T)  
  
def squared(v, afficher):  
    s=0  
    v2=[vk**2 for vk in v]  
    afficher(v2)  
  
v=range(-5, 15, 4)  
aff=affichage_debug  
  
squared(v, aff)
```

ex.

Optimisation/  
Intégration  
numérique

variable →