Cours 2 : Variables et fonctions

Ing-info — Ingénierie informatique

Christophe Gonzales

Plan du cours n°2

1. Les types des variables
2. Les fonctions
3. Les structures de données

Types des variables

Rappel : en python, toute variable a un type

- Type défini automatiquement par la valeur affectée à la variable
- Définir des variables de différents types :

code python	type	type python
`a = "toto"`	chaîne de caractères	`str`
`a = 4`	nombre entier	`int`
`a = 3.4`	nombre réel	`float`
`a = True`	booléen	`bool`

- Connaître le type d'une variable :

```
a = 3.4
type(a)
```

```
float
```

Il existe d'autres types : complexes, listes, dictionnaires, *etc.*

Les nombres (int et float)

- Opérateurs arithmétiques :

Opérateur	Signification	Particularité
`x + y`	addition	
`x - y`	soustraction	
`x * y`	multiplication	
`x / y`	division	résultat toujours en `float`
`x % y`	reste de la division	
`x ** y`	x puissance y	
`x // y`	division entière par défaut	`9//2=4, -11.0//3=-4.0`

- Types des valeurs obtenues :

`int op int` $\Longrightarrow$ `int`

`int op float` ou `float op int` $\Longrightarrow$ `float`

`float op float` $\Longrightarrow$ `float`

- Opérateurs d'affectations :
  - `x = y` : affectation déjà vue
  - `x += y` $\Longleftrightarrow$ `x = x + y` (idem avec `-, *, /, %, **, //`)

Exemples de manipulation d'int et de float

- Programme Python :

```
1 a = 33 + 4
2 b = 1.0
3 a += b
4 print(a)
5 print(a * b + 3)
6 a = 3 / 4
```

- Effets des instructions :
  1. Création de l'int `a` et affectation de la valeur 37
  2. Création du float `b` et affectation de la valeur 1.0
  3. Équivalent à `a = a + b`. `a` = int, `b` = float $\Longrightarrow$ `a + b` = float $\Longrightarrow$ `a` devient un float et vaut `a + b` = 37 + 1.0 = 38.0
  4. Affiche 38.0
  5. `a * b + 3` $\Longleftrightarrow$ `(a * b) + 3` $\Longleftrightarrow$ `(38.0 * 1.0) + 3 = 41.0` $\Longrightarrow$ affiche 41.0
  6. ⚠ `/` : division $\Longrightarrow$ float. Donc `a` devient un float qui vaut 0.75

Transtypages

Transtypage

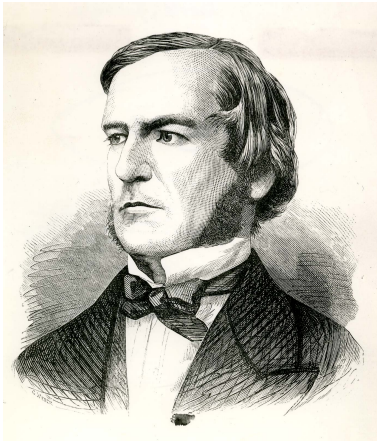
Transformation d'une valeur d'un type dans un autre type.

- Programme Python :

```
1  a = 5 / 4
2  b = int(5 / 4)
3  c = 3 * 4
4  d = float(3 * 4)
```

- Effets des instructions :
  1. division $\Longrightarrow$ `a` de type float et vaut 1,25
  2. on calcule 5/4 = 1,25 (float) puis on transforme en int $\Longrightarrow$ `b` est un int et vaut 1
  3. `c` est un int (multiplication de 2 int) et vaut 12
  4. on calcule 3 * 4 $\Longrightarrow$ int égal à 12, puis on transforme en float $\Longrightarrow$ `d` est un float et vaut 12.0

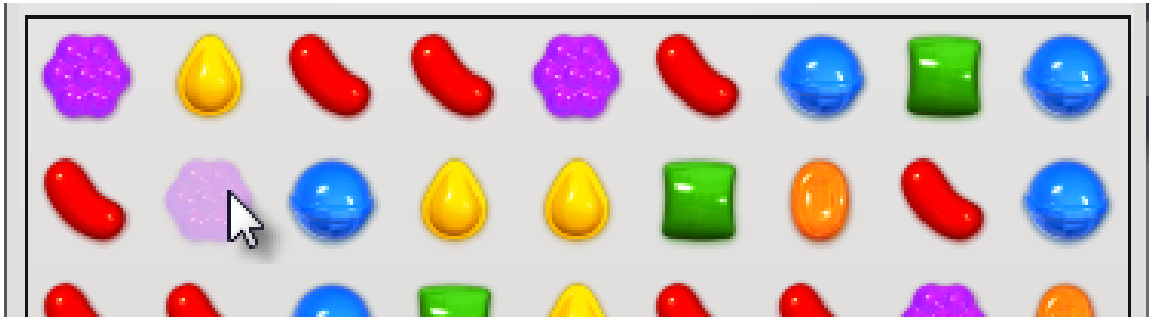
Les booléens



- George Boole (1815-1864)
- Créateur de l'algèbre de Boole $\Longrightarrow$ logique

The Mathematical Analysis of Logic : being an Essay towards a Calculus of Deductive Reasoning (1854)

- 2 valeurs de vérité : **True** et **False**
- Permet de faire du raisonnement :
  - Si telle propriété est vraie (True) alors faire...
  - Si clic sur bonbon alors griser le bonbon



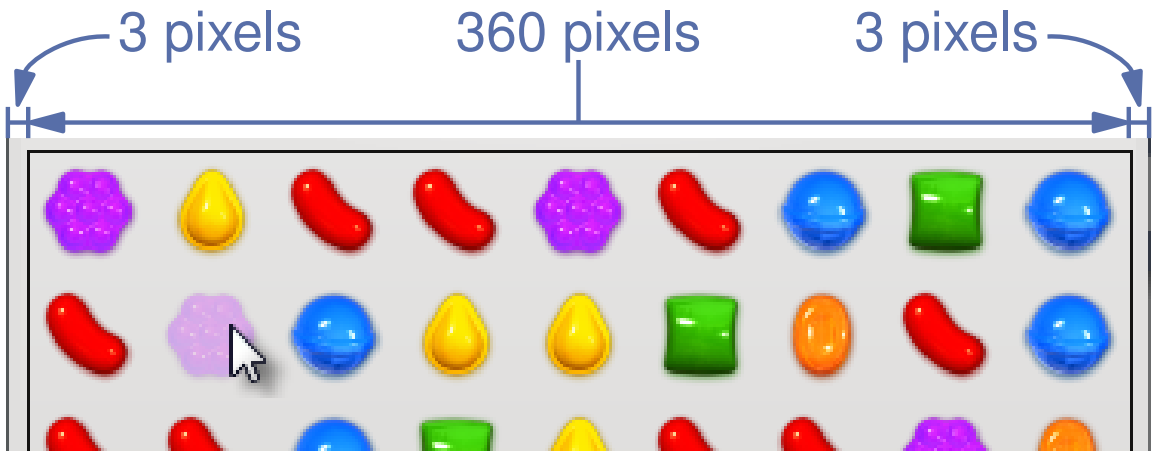
Comment créer des booléens ?

- Utiliser les valeurs True et False :

```
a = True
```

```
a = False
```

- Utiliser une expression booléenne :



`x_cursor` : position du curseur souris

curseur dans l'espace de jeu si `x_cursor` ≥ 3 et $\leq 360 + 3$ pixels

```
t1 = (x_cursor >= 3)
t2 = (x_cursor <= 360 + 3)
```

$\Longrightarrow$ `t1` et `t2` booléens = `True`

Opérateurs de comparaison

Opérateur	Valeur de l'expression
`x >= y`	vaut True si et seulement si x supérieur ou égal à y
`x <= y`	vaut True si et seulement si x inférieur ou égal à y
`x > y`	vaut True si et seulement si x strictement supérieur à y
`x < y`	vaut True si et seulement si x strictement inférieur à y
`x == y`	vaut True si et seulement si x est égal à y
`x != y`	vaut True si et seulement si x différent de y

Test d'égalité : « == » et non « = » !!!

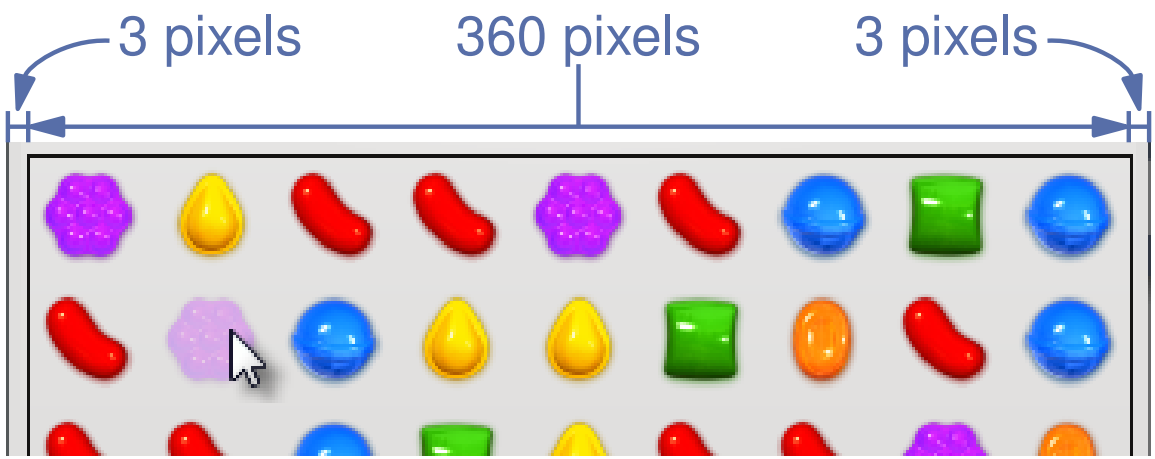
```
a = 3 == 2
print(a)
b = a = 3
print(a,b)
```

affectation de `(3 == 2)` à `a`

affectation de 3 à `a` puis à `b`

```
False
3 3
```

Opérateurs booléens (1/3)



- **OU logique :** `expr1 or expr2`

  vrai si au moins une des expressions est vraie

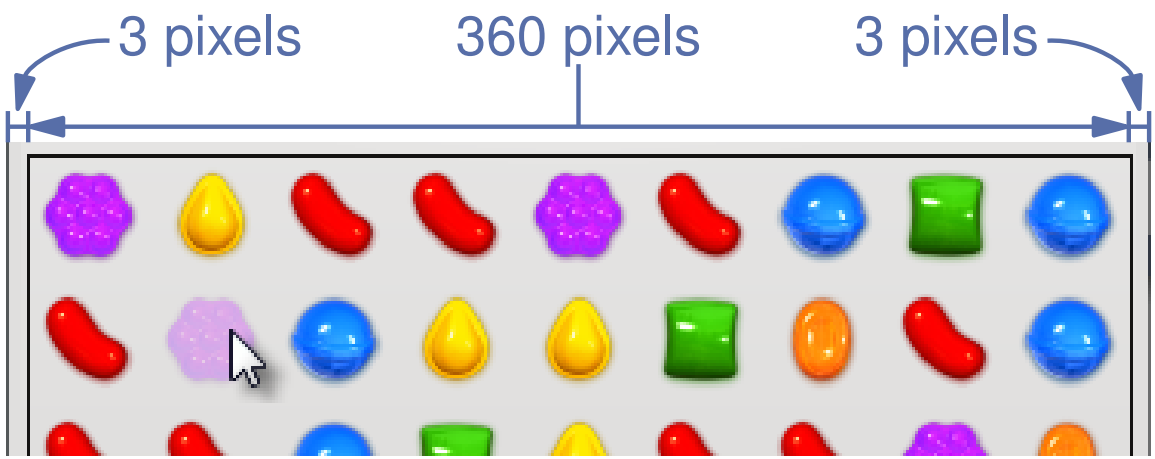
  curseur en dehors du jeu : `x_cursor < 3 or x_cursor > 363`

- **ET logique :** `expr1 and expr2`

  vrai si toutes les expressions sont vraies

  curseur dans le jeu : `x_cursor >= 3 and x_cursor <= 363`

Opérateurs booléens (2/3)



- **NON logique :** `not expr`

  vrai si l'expression est fausse

  curseur à gauche de l'espace de jeu : `not (x_cursor >= 3)`

- **OU exclusif :** `expr1 ^ expr2`

  vrai si une des deux expressions est vraie et l'autre est fausse

  curseur en dehors du jeu : `x_cursor >= 3 ^ x_cursor <= 363`

Opérateurs booléens (3/3)

- **Table de vérité du OU logique :** `expr1 or expr2`

expr1\expr2	False	True
False	False	True
True	True	True

- **Table de vérité du ET logique :** `expr1 and expr2`

expr1\expr2	False	True
False	False	False
True	False	True

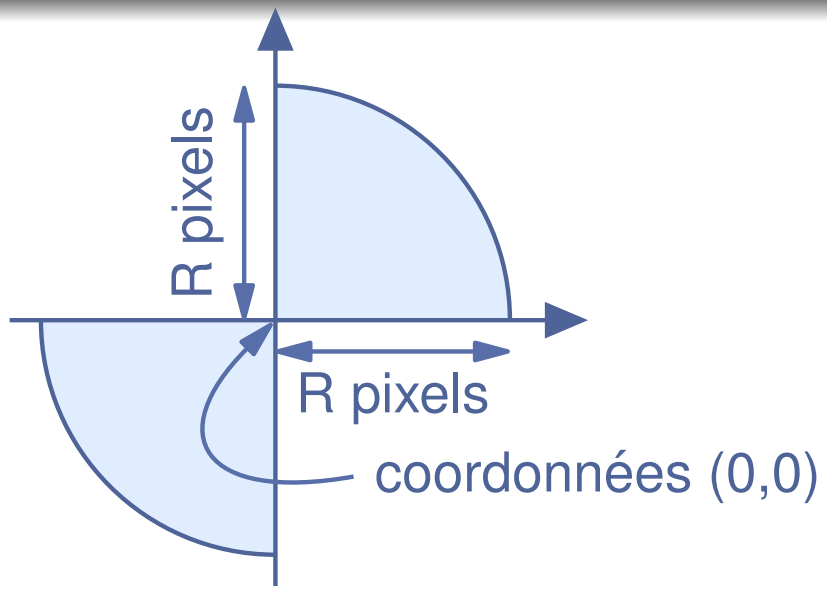
- **Table de vérité du NON logique :** `not expr`

expr	False	True
	True	False

- **Table de vérité du OU exclusif :** `expr1 ^ expr2`

expr1\expr2	False	True
False	False	True
True	True	False

Expression booléenne plus complexe



- Test si le curseur dans la zone bleutée :

```
x_curseur_2 = x_curseur * x_curseur
y_curseur_2 = y_curseur * y_curseur
rayon_2 = R * R

test_zone = (x_curseur_2 + y_curseur_2 <= rayon_2) and \
  ( ( (x_curseur >= 0) and (y_curseur >= 0) ) or \
    ( (x_curseur <= 0) and (y_curseur <= 0) ) )
```

⚠ « \ » : permet de faire tenir une instruction sur plusieurs lignes

⚠ **Conseil :** parenthésez les expressions !

Un bon programmeur commente toujours son code !

Commentaires

- Ultra importants pour bien comprendre son code !
- Commentaire en Python : débute par # et va jusqu'à la fin de la ligne
- Mais un # à l'intérieur d'une chaîne de caractères $\neq$ commentaire (Exemple : `"ce # n'est pas un commentaire"`)

Test du transparent précédent :

```
x_curseur_2 = x_curseur * x_curseur # carre de x_curseur
y_curseur_2 = y_curseur * y_curseur
rayon_2 = R * R

# test que le curseur est dans une des zones bleutées
test_zone = \
  # on teste ici que le curseur est dans le cercle
  (x_curseur_2 + y_curseur_2 <= rayon_2) and \
  # on teste qu'il est dans le quadrant supérieur droit
  ( ( (x_curseur >= 0) and (y_curseur >= 0) ) or \
    # on test qu'il est dans le quadrant inférieur gauche
    ( (x_curseur <= 0) and (y_curseur <= 0) ) )
```

Last but not least : les constantes

Constante

Valeur qui ne pourra jamais être modifiée durant l'exécution du programme.

- **Exemple dans notre candy crush :**

```
NB_COLONNES_JEU    = 9   # nb colonnes de l'espace de jeu
NB_LIGNES_JEU      = 9   # nb lignes de l'espace de jeu
NB_MOUVEMENTS_JEU = 20 # nb mouvements que le joueur
                       # est autorisé à faire
```

Python ne connaît pas la notion de constante

$\Longrightarrow$ On utilise des variables à la place

Convention : constantes symbolisées par des variables dont les noms sont uniquement avec des majuscules

Pourquoi utiliser des constantes ?

2 raisons principalement :

- Rend le code source plus simple à lire
- Permet de rendre vos programmes « paramétrables »

  $\Longrightarrow$ modifs programmes plus simples et moins bugguées !!!

- **Extrait de candy crush :**

```
def getXCoord(x_pixel):
    return (x_pixel - 3) // 40

def getXPixel(x_coord):
    return x_coord * 40 + 3
```

```
def getXCoord(x_pixel):
    return (x_pixel - X_TABLEAU_JEU) // TAILLE_BONBON

def getXPixel(x_coord):
    return x_coord * TAILLE_BONBON + X_TABLEAU_JEU
```

2 Les fonctions

Calcul de racines carrées

- **Programme :** Demander à l'utilisateur de saisir un nombre (positif) x et afficher la valeur de $\sqrt{x}$, $\sqrt{x+1}$ et $\sqrt{x+2}$
- **Problème :** Comment calculer la racine carrée de x ?
- **Solution :** Calculer les suites u_n et v_n jusqu'à convergence :
  - $u_0 = 1$, $v_0 = x$
  - $u_{n+1} = \frac{2}{\frac{1}{u_n} + \frac{1}{v_n}}$
  - $v_{n+1} = \frac{u_n + v_n}{2}$
  - Convergence $\Longrightarrow u_n \approx v_n \approx \sqrt{x}$
- Code python = écrire ces itérations
- Si convergence en 10 itérations $\Longrightarrow$ code de plus $10 \times 4 = 40$ lignes
- Code pas très lisible : dans l'énoncé, pas de suite u_n, v_n

Code de la mort qui tue

- Code pour afficher $\sqrt{x}$ et $\sqrt{x+1}$ (convergence en 2 itérations) :

```
x = input("Saisissez un nombre positif : ")

u_n = 1.0       # pour n = 0, u_n = u_0
v_n = float(x) # on garantit que v_n sera un float
u_n_1 = 2 / ((1 / u_n) + (1 / v_n)) # calcule u_{n+1}
v_n_1 = (u_n + v_n) / 2
u_n = u_n_1     # pour se reservir des 2 lignes du dessus,
v_n = v_n_1     # on affecte à u_n la valeur de u_n_1
u_n_1 = 2 / ((1 / u_n) + (1 / v_n))
v_n_1 = (u_n + v_n) / 2
print("sqrt(", x, ") =", u_n_1)

u_n = 1.0
v_n = float(x+1)
u_n_1 = 2 / ((1 / u_n) + (1 / v_n))
v_n_1 = (u_n + v_n) / 2
u_n = u_n_1
v_n = v_n_1
u_n_1 = 2 / ((1 / u_n) + (1 / v_n))
v_n_1 = (u_n + v_n) / 2
print("sqrt(", x+1, ") =", u_n_1)
```

On peut faire mieux

- **2 inconvénients majeurs de ce code :**
  - illisible $\Longrightarrow$ on ne voit pas ce qu'il fait en le lisant
  - nécessite de savoir comment calculer une racine carrée
- **Solution :** utiliser la fonction `sqrt`

```
x = input("Saisissez un nombre positif : ")

print("sqrt(", x,   ") =", sqrt(x))
print("sqrt(", x+1, ") =", sqrt(x+1))
print("sqrt(", x+2, ") =", sqrt(x+2))
```

$\Longrightarrow$ code lisible et simple !

Appel de fonction : nom_fonction(paramètres)

- **Exemples de fonctions :** print, input, sqrt

Plusieurs paramètres $\Longrightarrow$ séparés par des « , »

En résumé : pourquoi utiliser des fonctions ?

Pourquoi les fonctions ?

- Pas besoin de savoir comment elles sont écrites
  (ex : affichage d'une image de bonbon de candy crush)
- Réutilisabilité d'un code déjà écrit
  (10 appels de certaines fonctions dans candy crush)
- Simplifie la maintenance du code (correction de bugs)
- Améliore la lisibilité de vos programmes
- Permet de structurer les programmes en les découpant en petits morceaux

Quelques conseils pour écrire vos fonctions

- Une fonction doit être **courte** et **simple**.
  $\Longrightarrow$ éviter des fonctions de plus de 30-40 lignes
- Les lignes ne doivent **pas être trop longues**
  $\Longrightarrow$ éviter les lignes de plus de 80 caractères

$\Longrightarrow$ La fonction se voit entièrement sur un écran

- Dans le code, **séparer les fonctions** par deux lignes vides

$\Longrightarrow$ Code plus facile à lire

- Une fonction ne fait qu'**une et une seule chose**
  $\Longrightarrow$ pas de fonction qui calcule les match3 de candy crush, déplace des bonbons, en transforme certains et affiche du texte
- Le nom de la fonction doit **indiquer ce qu'elle fait**

Fonction complexe $\Longrightarrow$ à découper en plusieurs morceaux

. . .extrait du Linux kernel coding style

Idée clef

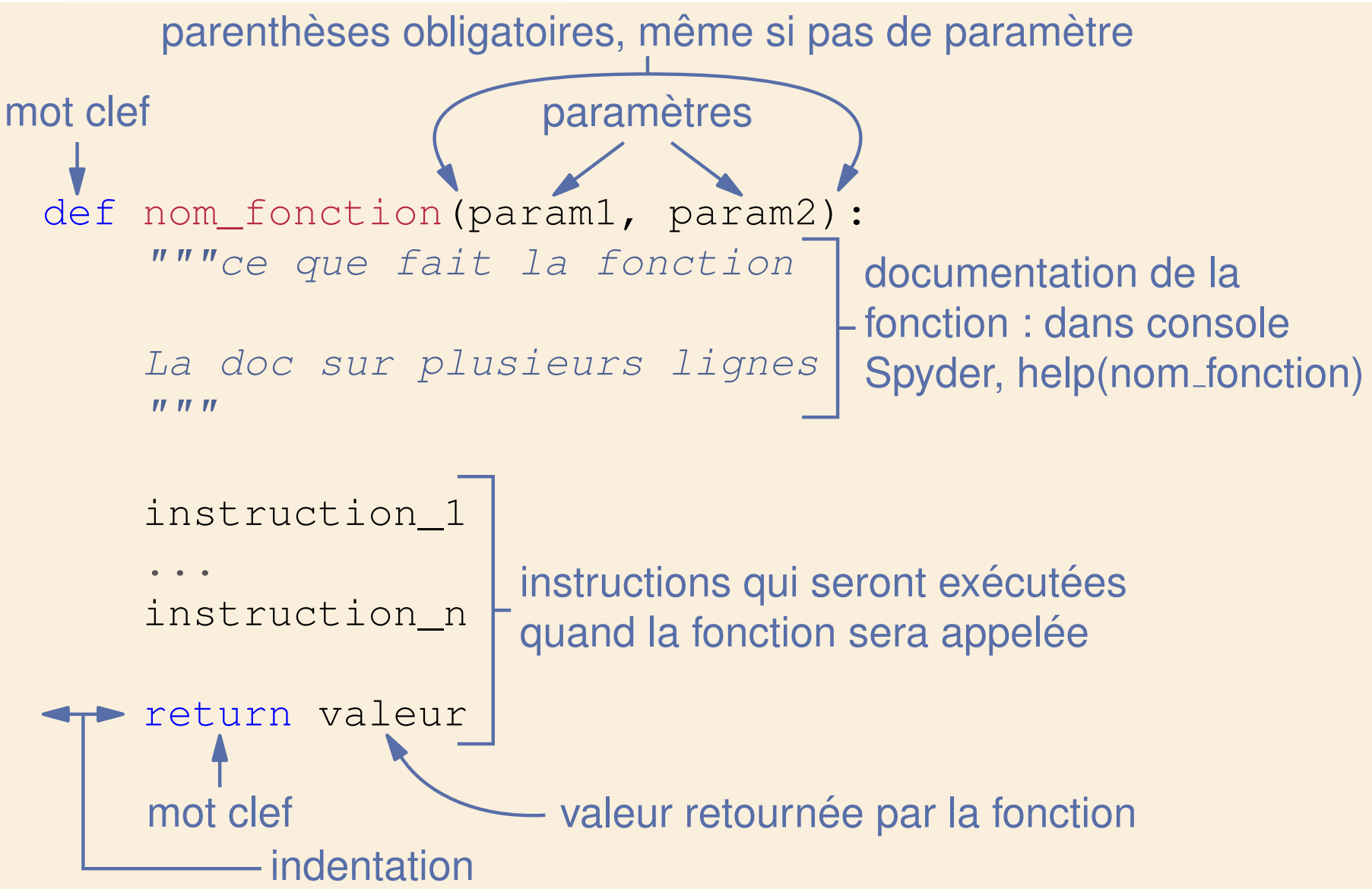
Simplicité + lisibilité

⇓

Moins de bugs!!!

Comment définir des fonctions ?

Création d'une fonction :



Exemples de définitions de fonctions

```
1  def carre(x) :
2    """Renvoie le carré du nombre passé en argument"""
3    return x * x
4
5  def puissance(x, y):
6    """puissance(x,y) renvoie la valeur de x puissance y"""
7    return x ** y
8
9  def affiche_trois_fois(x):
10   """Affiche 3 fois son paramètre"""
11   print(x)
12   print(x)
13   print(x)
14
15 def affiche_cadre():
16   print("=========")
17   print("# cadre #")
18   print("=========")
```

- `affiche_trois_fois` : ne renvoie rien !
  $\Longrightarrow$ s'appelle une **procédure** plutôt qu'une fonction
- `affiche_cadre` : ne prend pas d'argument (paramètre)

il faut quand même mettre les parenthèses !

Appel de fonctions

Comment appeler une fonction

Écrire le nom de la fonction et spécifier les valeurs des paramètres entre parenthèses.

```
1  # définition de la fonction
2  def puissance(x, y):
3    return x ** y
4
5  # appel de la fonction
6  a = puissance(1+1+1, 2) # affecte 3 puissance 2 = 9 à a
```

Code de la fonction exécuté seulement quand on appelle la fonction, pas quand on la définit !

Que se passe-t-il lors de l'appel ?

1. Évaluation des valeurs passées en argument de la fonction (ici : 3 et 2)
2. Affectation de ces valeurs aux paramètres (ici `x` et `y`)
3. Exécution du code de la fonction (avec `x = 3` et `y = 2`)
4. Récupération de la valeur retournée (si elle existe – ici : 9)

Appel de fonctions (suite)

Quelques conséquences du mécanisme d'appel de fonction :

- Passer le même nombre de valeurs que le nombre de paramètres attendus

  $\Longrightarrow$ `puissance(x)` ?

- Passer les valeurs des paramètres dans le même ordre que dans la définition de la fonction :

  `puissance(3, 2)` : `x = 3` et `y = 2` $\Longrightarrow$ renvoie 3^2

  `puissance(2, 3)` : `x = 2` et `y = 3` $\Longrightarrow$ renvoie 2^3

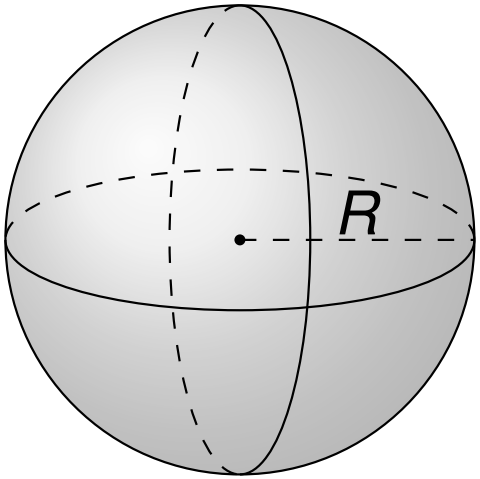
- passer des expressions comme valeurs des paramètres :

```
puissance(1 + 2, 2)
puissance(a + 3, b - 1)
```

- Passer une variable en argument et lui affecter le résultat de la fonction :

```
a = puissance(a + 3, b - 1)
```

Les boules



- Aire de la surface : $4\pi \times R^2$
- Volume de la boule : $\dfrac{4\pi \times R^3}{3}$

```
pi = 3.1415926536

def aire_surface(R):
  return 4 * pi * R**2

def volume_boule(R):
  return 4 * pi * R**3 / 3
```

```
# Rayon Terre = 6371km
aire_terre = aire_surface(6371)
volume_terre = volume_boule(6371)

print("Aire   =", aire_terre)
print("Volume =", volume_terre)
```

```
Aire   = 510064471.91144544
Volume = 1083206916849.273
```

Est-ce que 2 segments $[A, B]$ et $[C, D]$ ont une intersection ?

- 2 vecteurs $\vec{U}$ et $\vec{V}$ colinéaires $\iff$ produit vectoriel $= 0$
- $\vec{U} = (ux, uy)$, $\vec{V} = (vx, vy) \implies$ prod. vectoriel $= ux \times vy - uy \times vx$

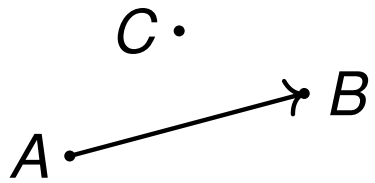
```
def prod_vectoriel(ux, uy, vx, vy):
  return ux * vy - uy * vx

def is_collinear(ux, uy, vx, vy):
  return prod_vectoriel(ux, uy, vx, vy) == 0
```

- 3 points A, B, C

  C strictement à gauche du vecteur $\overrightarrow{AB}$

  $\iff$ prod. vectoriel de $\overrightarrow{AB}$ et $\overrightarrow{AC} > 0$



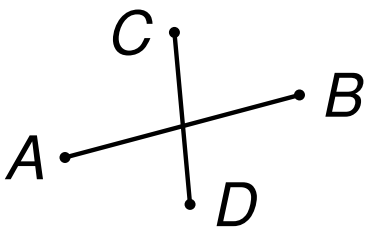

```
def is_left(ax, ay, bx, by, cx, cy):
  return prod_vectoriel(bx-ax, by-ay, cx-ax, cy-ay) > 0
```

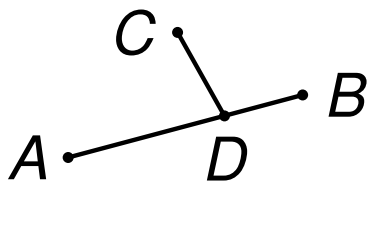
Géométrie 2D (2/3)

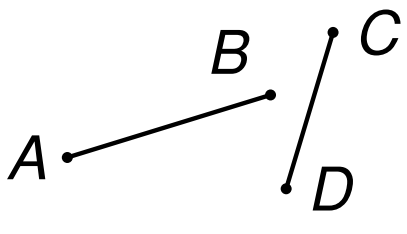
- $[A, B]$ et $[B, C]$ ont une intersection $\iff$ (1) et (2)

(1) Exactement un des 2 points C ou D est strictement à gauche de $\overrightarrow{AB}$

(2) Exactement un des 2 points A ou B est strictement à gauche de $\overrightarrow{CD}$







- Exactement un des 2 points $\Longrightarrow$ XOR

```
def has_intersection(ax, ay, bx, by, cx, cy, dx, dy):
  left_abc = is_left(ax, ay, bx, by, cx, cy)
  left_abd = is_left(ax, ay, bx, by, dx, dy)
  left_cda = is_left(cx, cy, dx, dy, ax, ay)
  left_cdb = is_left(cx, cy, dx, dy, bx, by)

  return (left_abc ^ left_abd) and (left_cda ^ left_cdb)
```

Est-ce qu'un point C appartient au segment $[A, B]$?

- 3 point $A = (ax, ay)$, $B = (bx, by)$, $C = (cx, cy)$

$$\text{Alors } C \in [A, B] \iff \begin{cases} \overrightarrow{AB} \text{ et } \overrightarrow{AC} \text{ colinéaires} \\ cx \in [ax, bx] \text{ ou } cx \in [bx, ax] \\ cy \in [ay, by] \text{ ou } cy \in [by, ay] \end{cases}$$

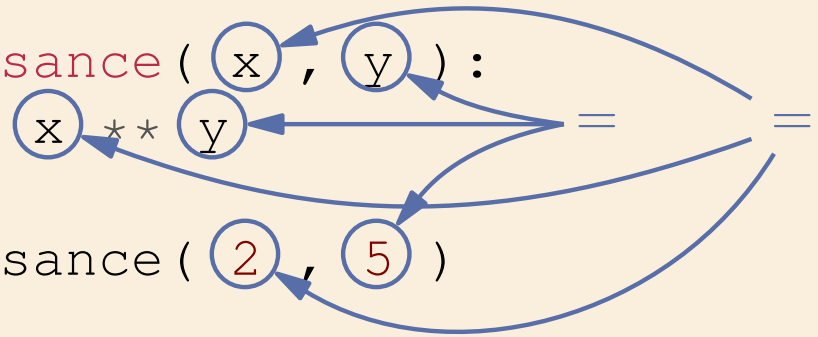
```
def is_between(ax, ay, bx, by, cx, cy):
  cx_between_ax_bx = (ax <= cx <= bx) or (bx <= cx <= ax)
  cy_between_ay_by = (ay <= cy <= by) or (by <= cy <= ay)

  return (is_collinear(bx-ax, by-ay, cx-ax, cy-ay)
    and cx_between_ax_bx
    and cy_between_ay_by)
```

Appel de fonctions (presque fin)

Quel affichage produit ce code ?

```
1  x = 3
2  y = 4
3
4  def puissance( x , y ):
5    return x ** y
6
7  x = puissance( 2 , 5 )
8  print(x)
```



$\Longrightarrow$ On veut que `puissance(2, 5)` renvoie toujours 2^5 !!!

Visibilité des variables

- À l'intérieur d'une fonction, les paramètres de celle-ci *masquent* les variables de même nom déclarées en dehors de la fonction (on n'y accède plus).
- Moyen d'y accéder quand même : hors périmètre Ing-info.

Appel de fonctions (presque presque fin)

Quel affichage produit ce code ?

```
1  x = 3
2  y = 4
3
4  def puissance_x(y):
5      return y ** x
6
7  def puissance_x_bis(y):
8      x = 2
9      return y ** x
10
11 def puissance_x_ter(y):
12     print(x)
13     x = 4
14     return y ** x
15
16 print(puissance_x(2))
17 print(puissance_x_bis(2))
18 print(x)
19 print(puissance_x_ter(2))
```

$\longleftarrow$ `x` défini ligne 1

$\longleftarrow$ `x` défini ligne 8 $\neq$ ligne 1

$\longleftarrow$ `x` défini ligne 1
$\longleftarrow$ nouvel `x` ou `x` ligne 1 ?

$\longrightarrow$ 8
$\longrightarrow$ 4
$\longrightarrow$ 3 `x` défini ligne 1
$\longrightarrow$ erreur

Variables globales et locales

Variable globale

- définie en dehors d'une fonction (via une affectation)
- existe jusqu'à la fin du programme

Variable locale

- définie à l'intérieur d'une fonction (via une affectation)
- créée lors de cette affectation
- existe jusqu'à la fin de l'exécution de la fonction

Quelle variable x à l'intérieur d'une fonction ?

- Si x paramètre de la fonction : utiliser ce x
- Sinon si x variable locale : utiliser ce x
- Sinon si x variable globale : utiliser ce x
- Sinon erreur

$\Longrightarrow$ **Portée des variables**

Approfondissement sur le passage de paramètres

Rappel : appel de fonction

1. Évaluation des valeurs passées en argument de la fonction
2. Affectation de ces valeurs aux paramètres
3. Exécution du code de la fonction et retour

$\Longrightarrow$ les valeurs en argument sont *copiées dans de nouvelles variables !!!*

```
def ma_fonction(x):
  x = x+2
  return x

x = 7
ma_fonction(x)
print(x)
```

```
7
```

- Passage de paramètres $\Longrightarrow$ pas de modif des variables globales

Pourquoi indenter le code de la fonction ?

Qu'affiche le code suivant ? 4 1 1 ou 1 3 1 3 ?

```
1  y = 4
2
3  def ma_fonction(x, y):
4  print(x)
5
6  print(y)
7
8  ma_fonction(1, 3)
9  ma_fonction(1, 3)
```

$\Longrightarrow$ Où se trouve la fin de la fonction ? Ligne 4 ou 6 ?

$\Longrightarrow$ Sans indentation : ligne vide = fin

$\Longrightarrow$ Code pas lisible

Règle simple

- Le corps de la fonction est indentée.
- Fin de l'indentation = fin de la fonction.

3 Les structures de données

Ensembles d'objets

- programmes $\Longrightarrow$ manipuler des ensembles d'« objets »
- Problème : comment les stocker ?
- 1ère solution : utiliser plein de variables

  $\Longrightarrow$ nombre d'objets connus à l'avance

  $\Longrightarrow$ pas pratique
- 2ème solution : structures de données

  $\Longrightarrow$ solution efficace

Vous avez dit structures de données ?

- Problème : programmes rapides $\Longrightarrow$ accès rapides aux éléments

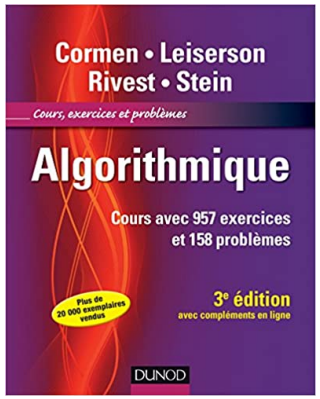
  $\Longrightarrow$ dépend des opérations que l'on exécute

- Opérations usuelles :
  - ajouter des éléments
  - supprimer des éléments
  - accéder à la valeur d'éléments consécutifs
  - accéder à la valeur d'éléments non consécutifs
  - trier les éléments

$\Longrightarrow$ Peu de structures de données différentes en pratique

Structures de données classiques

Structures classiques :



- Listes
- Tableaux (1D appelés List en Python3)
- Piles et files
- Tables de hachage (dictionnaires en Python)
- Tuples (*n*-uplets)
- Arborescences, arbres binaires de recherche, les tas

Thomas Cormen, Charles Leiserson, Ronald Rivest, Clifford Stein
« Introduction à l'algorithmique », Dunod, 1996