



Programmation impérative en Python

Cours 4. Graphismes, objets et variables globales

UNIVERSITÉ
CÔTE D'AZUR

Olivier Baldellon

Courriel : `prénom.nom@univ-cotedazur.fr`

Page professionnelle : `https://upinfo.univ-cotedazur.fr/~obaldellon/`

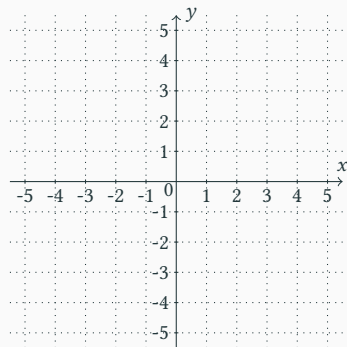
LICENCE I — FACULTÉ DES SCIENCES ET INGÉNIERIE DE NICE — UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

- 🍃 Partie I. Géométrie cartésienne
- 🍃 Partie II. Couleurs et tuples
- 🍃 Partie III. Variables locales/globales
- 🍃 Partie IV. Dessiner avec Tk
- 🍃 Partie V. Algorithmes de tracer de figure
- 🍃 Partie VI. Créer son propre type
- 🍃 Partie VII. Exemples
- 🍃 Partie VIII. Table des matières

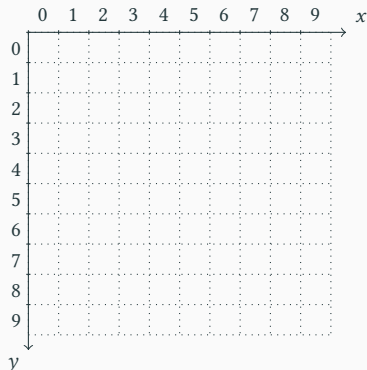
- ▶ En informatique, comme en mathématiques, on utilise des coordonnées.

- ▶ En informatique, comme en mathématiques, on utilise des coordonnées.
- ▶ Il y a cependant trois différences pratiques.

- ▶ En informatique, comme en mathématiques, on utilise des coordonnées.
- ▶ Il y a cependant trois différences pratiques.
 - ▶ L'axes des ordonnées pointe vers le bas.
 - ▶ L'origine est en haut à gauche et non au centre.

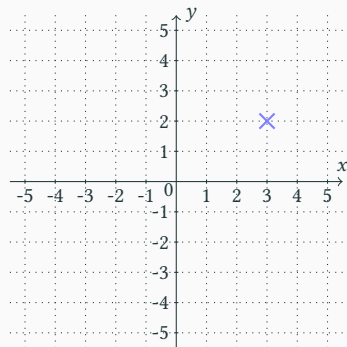


Mathématiques

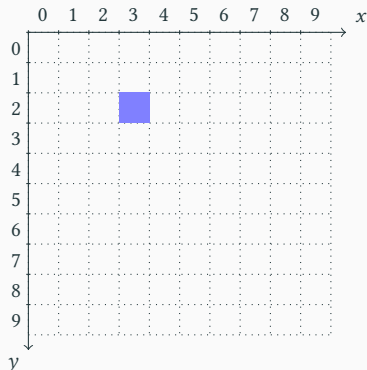


Informatique

- ▶ En informatique, comme en mathématiques, on utilise des coordonnées.
- ▶ Il y a cependant trois différences pratiques.
 - ▶ L'axes des ordonnées pointe vers le bas.
 - ▶ L'origine est en haut à gauche et non au centre.
 - ▶ On travaille sur des pixels et non des points (exemple avec le point $(3,2)$).

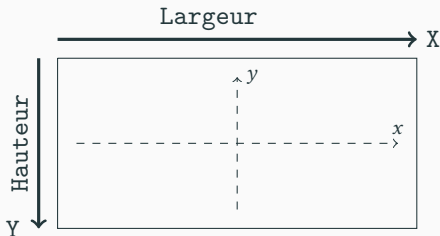


Mathématiques

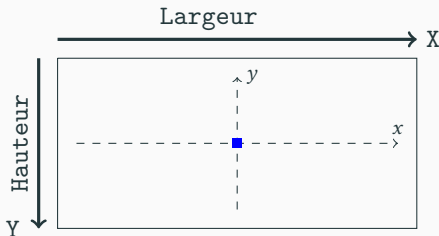


Informatique

- ▶ La traduction est possible mais souvent inutile.
- ▶ Notons (x, y) les coordonnées mathématiques et (X, Y) les coordonnées informatiques.

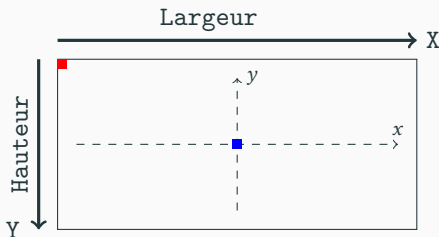


- ▶ La traduction est possible mais souvent inutile.
- ▶ Notons (x, y) les coordonnées mathématiques et (X, Y) les coordonnées informatiques.



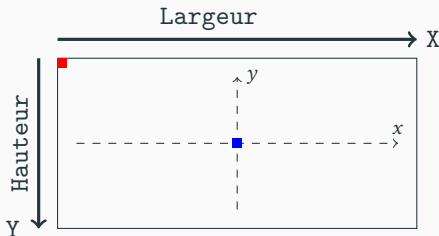
- Quand $(x, y) = (0, 0)$, $(X, Y) = (\text{Largeur} // 2, \text{Hauteur} // 2)$

- ▶ La traduction est possible mais souvent inutile.
- ▶ Notons (x, y) les coordonnées mathématiques et (X, Y) les coordonnées informatiques.



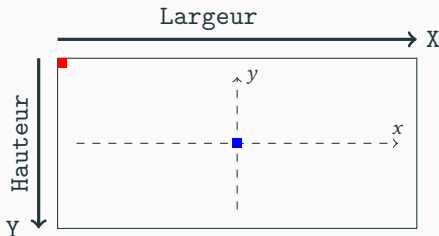
- Quand $(x, y) = (0, 0)$, $(X, Y) = (\text{Largeur} // 2, \text{Hauteur} // 2)$
- Quand $(X, Y) = (0, 0)$ $(x, y) = (-\text{Largeur} // 2, \text{Hauteur} // 2)$

- ▶ La traduction est possible mais souvent inutile.
- ▶ Notons (x, y) les coordonnées mathématiques et (X, Y) les coordonnées informatiques.



- Quand $(x, y) = (0, 0)$, $(X, Y) = (\text{Largeur} // 2, \text{Hauteur} // 2)$
- Quand $(X, Y) = (0, 0)$ $(x, y) = (-\text{Largeur} // 2, \text{Hauteur} // 2)$
- ▶ On a ainsi $X = x + \text{Largeur} // 2$ et $Y = -y + \text{Hauteur} // 2$

- ▶ La traduction est possible mais souvent inutile.
- ▶ Notons (x, y) les coordonnées mathématiques et (X, Y) les coordonnées informatiques.



- Quand $(x, y) = (0, 0)$, $(X, Y) = (\text{Largeur} // 2, \text{Hauteur} // 2)$
 - Quand $(X, Y) = (0, 0)$ $(x, y) = (-\text{Largeur} // 2, \text{Hauteur} // 2)$
- ▶ On a ainsi $X = x + \text{Largeur} // 2$ et $Y = -y + \text{Hauteur} // 2$

```
def coordonnées(x, y, Largeur, Hauteur):
    return (x+Largeur//2, -y-Hauteur//2)
```

SCRIPT

Les courbes dans le plan sont généralement définies par une équation.

Les courbes dans le plan sont généralement définies par une équation.

- ▶ Cercle : ensemble des points du plan dont la distance à un centre (x_0, y_0) est égale à un rayon R .

Les courbes dans le plan sont généralement définies par une équation.

- ▶ Cercle : ensemble des points du plan dont la distance à un centre (x_0, y_0) est égale à un rayon R .

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2$$

Les courbes dans le plan sont généralement définies par une équation.

- ▶ Cercle : ensemble des points du plan dont la distance à un centre (x_0, y_0) est égale à un rayon R .

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2$$

- ▶ Une droite peut s'exprimer par une équation de la forme.

$$ax + by + c = 0$$

Les courbes dans le plan sont généralement définies par une équation.

- ▶ Cercle : ensemble des points du plan dont la distance à un centre (x_0, y_0) est égale à un rayon R .

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2$$

- ▶ Une droite peut s'exprimer par une équation de la forme.

$$ax + by + c = 0$$

- ▶ Ces équations ne sont pas utilisables en l'état.
 - ▶ il est très rare qu'un pixel aux coordonnées entières satisfasse ces équations

Les courbes dans le plan sont généralement définies par une équation.

- ▶ Cercle : ensemble des points du plan dont la distance à un centre (x_0, y_0) est égale à un rayon R .

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2$$

- ▶ Une droite peut s'exprimer par une équation de la forme.

$$ax + by + c = 0$$

- ▶ Ces équations ne sont pas utilisables en l'état.
 - ▶ il est très rare qu'un pixel aux coordonnées entières satisfasse ces équations
 - ▶ Nous verrons aujourd'hui et en TD comment tracer un cercle et un disque.

Les courbes dans le plan sont généralement définies par une équation.

- ▶ Cercle : ensemble des points du plan dont la distance à un centre (x_0, y_0) est égale à un rayon R .

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2$$

- ▶ Une droite peut s'exprimer par une équation de la forme.

$$ax + by + c = 0$$

- ▶ Ces équations ne sont pas utilisables en l'état.
 - ▶ il est très rare qu'un pixel aux coordonnées entières satisfasse ces équations
 - ▶ Nous verrons aujourd'hui et en TD comment tracer un cercle et un disque.
 - ▶ Nous verrons en TP comment tracer un segment de droite.

- 🍃 Partie I. Géométrie cartésienne
- 🍃 Partie II. Couleurs et tuples
- 🍃 Partie III. Variables locales/globales
- 🍃 Partie IV. Dessiner avec Tk
- 🍃 Partie V. Algorithmes de tracer de figure
- 🍃 Partie VI. Créer son propre type
- 🍃 Partie VII. Exemples
- 🍃 Partie VIII. Table des matières

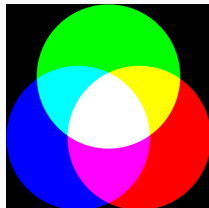
- ▶ En informatique, toutes les couleurs sont codées comme combinaison de trois couleurs : le rouge (R), le vert (G) et le bleu (B).

- ▶ En informatique, toutes les couleurs sont codées comme combinaison de trois couleurs : le rouge (R), le vert (G) et le bleu (B).
- ▶ Chaque couleur va de 0 à 255.
 - ▶ (255, 0, 0) : rouge
 - ▶ (0, 255, 0) : vert
 - ▶ (0, 0, 255) : bleu

▶ En informatique, toutes les couleurs sont codées comme combinaison de trois couleurs : le rouge (R), le vert (G) et le bleu (B).

▶ Chaque couleur va de 0 à 255.

- ▶ (255, 0, 0) : rouge
- ▶ (0, 255, 0) : vert
- ▶ (0, 0, 255) : bleu



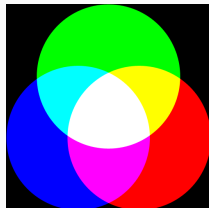
▶ On obtient les autres couleurs à partir des précédentes.

- ▶ (255, 255, 0) (R+G) donne le **jaune**
- ▶ (255, 0, 255) (R+B) donne le **magenta**
- ▶ (0, 255, 255) (B+G) donne le **cyan**

▶ En informatique, toutes les couleurs sont codées comme combinaison de trois couleurs : le rouge (R), le vert (G) et le bleu (B).

▶ Chaque couleur va de 0 à 255.

- ▶ (255, 0, 0) : rouge
- ▶ (0, 255, 0) : vert
- ▶ (0, 0, 255) : bleu



▶ On obtient les autres couleurs à partir des précédentes.

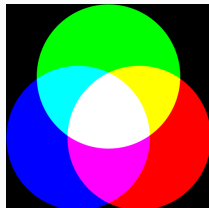
- ▶ (255, 255, 0) (R+G) donne le **jaune**
- ▶ (255, 0, 255) (R+B) donne le **magenta**
- ▶ (0, 255, 255) (B+G) donne le **cyan**

▶ Les trois couleurs ensemble donnent le **blanc** (255, 255, 255).

▶ En informatique, toutes les couleurs sont codées comme combinaison de trois couleurs : le rouge (R), le vert (G) et le bleu (B).

▶ Chaque couleur va de 0 à 255.

- ▶ (255, 0, 0) : rouge
- ▶ (0, 255, 0) : vert
- ▶ (0, 0, 255) : bleu



▶ On obtient les autres couleurs à partir des précédentes.

- ▶ (255, 255, 0) (R+G) donne le **jaune**
- ▶ (255, 0, 255) (R+B) donne le **magenta**
- ▶ (0, 255, 255) (B+G) donne le **cyan**

▶ Les trois couleurs ensemble donnent le **blanc** (255, 255, 255).

▶ L'absence de couleur donne le **noir** (0, 0, 0).

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (n -uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (x, y) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (r, g, b) .

```
>>>
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (n -uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (x, y) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (r, g, b) .

```
>>> bleu=(0,0,255)
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (*n*-uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (*x*, *y*) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (*r*, *g*, *b*).

```
>>> bleu=(0,0,255)  
>>>
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (*n*-uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (*x*, *y*) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (*r*, *g*, *b*).

```
>>> bleu=(0,0,255)
>>> type(bleu)
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (*n*-uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (*x*, *y*) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (*r*, *g*, *b*).

```
>>> bleu=(0,0,255)
>>> type(bleu)
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (*n*-uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (x,y) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (r,g,b).

```
>>> bleu=(0,0,255)
>>> type(bleu)
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ On peut facilement récupérer les composantes d'un tuple.

```
>>>
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (*n*-uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (x,y) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (r,g,b).

```
>>> bleu=(0,0,255)
>>> type(bleu)
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ On peut facilement récupérer les composantes d'un tuple.

```
>>> (R,G,B)=couleur_mystère
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (*n*-uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (x,y) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (r,g,b).

```
>>> bleu=(0,0,255)
>>> type(bleu)
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ On peut facilement récupérer les composantes d'un tuple.

```
>>> (R,G,B)=couleur_mystère
>>>
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (n -uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (x, y) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (r, g, b) .

```
>>> bleu=(0,0,255)
>>> type(bleu)
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ On peut facilement récupérer les composantes d'un tuple.

```
>>> (R,G,B)=couleur_mystère
>>> G
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (*n*-uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (x,y) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (r,g,b).

```
>>> bleu=(0,0,255)
>>> type(bleu)
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ On peut facilement récupérer les composantes d'un tuple.

```
>>> (R,G,B)=couleur_mystère
>>> G
123
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (*n*-uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (x,y) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (r,g,b).

```
>>> bleu=(0,0,255)
>>> type(bleu)
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ On peut facilement récupérer les composantes d'un tuple.

```
>>> (R,G,B)=couleur_mystère
>>> G
123
```

SHELL

- ▶ Permet d'échanger deux variables (sans utiliser de variable auxiliaire) :

```
>>>
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (n -uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (x, y) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (r, g, b) .

```
>>> bleu=(0,0,255)
>>> type(bleu)
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ On peut facilement récupérer les composantes d'un tuple.

```
>>> (R,G,B)=couleur_mystère
>>> G
123
```

SHELL

- ▶ Permet d'échanger deux variables (sans utiliser de variable auxiliaire) :

```
>>> (x,y)=(2,3) # Je définis x et y en une instruction
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (*n*-uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (*x*, *y*) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (*r*, *g*, *b*).

```
>>> bleu=(0,0,255)
>>> type(bleu)
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ On peut facilement récupérer les composantes d'un tuple.

```
>>> (R,G,B)=couleur_mystère
>>> G
123
```

SHELL

- ▶ Permet d'échanger deux variables (sans utiliser de variable auxiliaire) :

```
>>> (x,y)=(2,3) # Je définis x et y en une instruction
>>>
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (*n*-uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (*x*, *y*) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (*r*, *g*, *b*).

```
>>> bleu=(0,0,255)
>>> type(bleu)
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ On peut facilement récupérer les composantes d'un tuple.

```
>>> (R,G,B)=couleur_mystère
>>> G
123
```

SHELL

- ▶ Permet d'échanger deux variables (sans utiliser de variable auxiliaire) :

```
>>> (x,y)=(2,3) # Je définis x et y en une instruction
>>> (x,y)=(y,x) # Je fais l'échange
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (*n*-uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (*x*, *y*) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (*r*, *g*, *b*).

```
>>> bleu=(0,0,255)
>>> type(bleu)
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ On peut facilement récupérer les composantes d'un tuple.

```
>>> (R,G,B)=couleur_mystère
>>> G
123
```

SHELL

- ▶ Permet d'échanger deux variables (sans utiliser de variable auxiliaire) :

```
>>> (x,y)=(2,3) # Je définis x et y en une instruction
>>> (x,y)=(y,x) # Je fais l'échange
>>>
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (*n*-uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (*x*, *y*) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (*r*, *g*, *b*).

```
>>> bleu=(0,0,255)
>>> type(bleu)
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ On peut facilement récupérer les composantes d'un tuple.

```
>>> (R,G,B)=couleur_mystère
>>> G
123
```

SHELL

- ▶ Permet d'échanger deux variables (sans utiliser de variable auxiliaire) :

```
>>> (x,y)=(2,3) # Je définis x et y en une instruction
>>> (x,y)=(y,x) # Je fais l'échange
>>> x
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (*n*-uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (*x*, *y*) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (*r*, *g*, *b*).

```
>>> bleu=(0,0,255)
>>> type(bleu)
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ On peut facilement récupérer les composantes d'un tuple.

```
>>> (R,G,B)=couleur_mystère
>>> G
123
```

SHELL

- ▶ Permet d'échanger deux variables (sans utiliser de variable auxiliaire) :

```
>>> (x,y)=(2,3) # Je définis x et y en une instruction
>>> (x,y)=(y,x) # Je fais l'échange
>>> x
3
>>>
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (*n*-uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (*x*, *y*) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (*r*, *g*, *b*).

```
>>> bleu=(0,0,255)
>>> type(bleu)
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ On peut facilement récupérer les composantes d'un tuple.

```
>>> (R,G,B)=couleur_mystère
>>> G
123
```

SHELL

- ▶ Permet d'échanger deux variables (sans utiliser de variable auxiliaire) :

```
>>> (x,y)=(2,3) # Je définis x et y en une instruction
>>> (x,y)=(y,x) # Je fais l'échange
>>> x
3
>>> y
```

SHELL

- ▶ Vous avez noté la présence de *tuples* (*n*-uplets en bon français).
 - ▶ Les coordonnées sont définies comme un couple (*x*, *y*) : un 2-uplet
 - ▶ Les couleurs comme un triplet (ou 3-uplet) (*r*, *g*, *b*).

```
>>> bleu=(0,0,255)
>>> type(bleu)
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ On peut facilement récupérer les composantes d'un tuple.

```
>>> (R,G,B)=couleur_mystère
>>> G
123
```

SHELL

- ▶ Permet d'échanger deux variables (sans utiliser de variable auxiliaire) :

```
>>> (x,y)=(2,3) # Je définis x et y en une instruction
>>> (x,y)=(y,x) # Je fais l'échange
>>> x
3
>>> y
2
```

SHELL

- ▶ En règle générale, on ne peut pas ajouter des couleurs.

- ▶ En règle générale, on ne peut pas ajouter des couleurs.
 - ▶ Chaque composante doit être inférieure à 255 :

```
>>>
```

```
SHELL
```

- ▶ En règle générale, on ne peut pas ajouter des couleurs.
 - ▶ Chaque composante doit être inférieure à 255 : ~~(355, 300, 455)~~

```
>>> (255, 100, 200) + (100, 200, 255)
```

SHELL

- ▶ En règle générale, on ne peut pas ajouter des couleurs.
 - ▶ Chaque composante doit être inférieure à 255 : ~~(355, 300, 455)~~
 - ▶ D'ailleurs le + ne fait pas l'addition !

```
>>> (255,100,200) + (100, 200, 255)  
(255, 100, 200, 100, 200, 255)
```

SHELL

- ▶ En règle générale, on ne peut pas ajouter des couleurs.
 - ▶ Chaque composante doit être inférieure à 255 : ~~(355, 300, 455)~~
 - ▶ D'ailleurs le + ne fait pas l'addition !

```
>>> (255,100,200) + (100, 200, 255)
(255, 100, 200, 100, 200, 255)
```

SHELL

- ▶ Écrivons un programme qui fait la moyenne entre deux couleurs.

```
def mélange(c1,c2):
    (r1,g1,b1) = c1
    (r2,g2,b2) = c2
    r3=(r1+r2)//2
    g3=(g1+g2)//2
    b3=(b1+b2)//2
    return (r3,g3,b3)
```

SCRIPT

```
>>>
```

SHELL

- ▶ En règle générale, on ne peut pas ajouter des couleurs.
 - ▶ Chaque composante doit être inférieure à 255 : ~~(355, 300, 455)~~
 - ▶ D'ailleurs le + ne fait pas l'addition !

```
>>> (255,100,200) + (100, 200, 255)
(255, 100, 200, 100, 200, 255)
```

SHELL

- ▶ Écrivons un programme qui fait la moyenne entre deux couleurs.

```
def mélange(c1,c2):
    (r1,g1,b1) = c1
    (r2,g2,b2) = c2
    r3=(r1+r2)//2
    g3=(g1+g2)//2
    b3=(b1+b2)//2
    return (r3,g3,b3)
```

SCRIPT

```
>>> rouge=(255,0,0)
```

SHELL

- ▶ En règle générale, on ne peut pas ajouter des couleurs.
 - ▶ Chaque composante doit être inférieure à 255 : ~~(355, 300, 455)~~
 - ▶ D'ailleurs le + ne fait pas l'addition !

```
>>> (255,100,200) + (100, 200, 255)
(255, 100, 200, 100, 200, 255)
```

SHELL

- ▶ Écrivons un programme qui fait la moyenne entre deux couleurs.

```
def mélange(c1,c2):
    (r1,g1,b1) = c1
    (r2,g2,b2) = c2
    r3=(r1+r2)//2
    g3=(g1+g2)//2
    b3=(b1+b2)//2
    return (r3,g3,b3)
```

SCRIPT

```
>>> rouge=(255,0,0)
>>>
```

SHELL

- ▶ En règle générale, on ne peut pas ajouter des couleurs.
 - ▶ Chaque composante doit être inférieure à 255 : ~~(355, 300, 455)~~
 - ▶ D'ailleurs le + ne fait pas l'addition !

```
>>> (255,100,200) + (100, 200, 255)
(255, 100, 200, 100, 200, 255)
```

SHELL

- ▶ Écrivons un programme qui fait la moyenne entre deux couleurs.

```
def mélange(c1,c2):
    (r1,g1,b1) = c1
    (r2,g2,b2) = c2
    r3=(r1+r2)//2
    g3=(g1+g2)//2
    b3=(b1+b2)//2
    return (r3,g3,b3)
```

SCRIPT

```
>>> rouge=(255,0,0)
>>> jaune=(255,255,0)
```

SHELL

- ▶ En règle générale, on ne peut pas ajouter des couleurs.
 - ▶ Chaque composante doit être inférieure à 255 : ~~(355, 300, 455)~~
 - ▶ D'ailleurs le + ne fait pas l'addition !

```
>>> (255,100,200) + (100, 200, 255)
(255, 100, 200, 100, 200, 255)
```

SHELL

- ▶ Écrivons un programme qui fait la moyenne entre deux couleurs.

```
def mélange(c1,c2):
    (r1,g1,b1) = c1
    (r2,g2,b2) = c2
    r3=(r1+r2)//2
    g3=(g1+g2)//2
    b3=(b1+b2)//2
    return (r3,g3,b3)
```

SCRIPT

```
>>> rouge=(255,0,0)
>>> jaune=(255,255,0)
>>>
```

SHELL

- ▶ En règle générale, on ne peut pas ajouter des couleurs.
 - ▶ Chaque composante doit être inférieure à 255 : ~~(355, 300, 455)~~
 - ▶ D'ailleurs le + ne fait pas l'addition !

```
>>> (255,100,200) + (100, 200, 255)
(255, 100, 200, 100, 200, 255)
```

SHELL

- ▶ Écrivons un programme qui fait la moyenne entre deux couleurs.

```
def mélange(c1,c2):
    (r1,g1,b1) = c1
    (r2,g2,b2) = c2
    r3=(r1+r2)//2
    g3=(g1+g2)//2
    b3=(b1+b2)//2
    return (r3,g3,b3)
```

SCRIPT

```
>>> rouge=(255,0,0)
>>> jaune=(255,255,0)
>>> orange=mélange(rouge,jaune)
```

SHELL

- ▶ En règle générale, on ne peut pas ajouter des couleurs.
 - ▶ Chaque composante doit être inférieure à 255 : ~~(355, 300, 455)~~
 - ▶ D'ailleurs le + ne fait pas l'addition !

```
>>> (255,100,200) + (100, 200, 255)
(255, 100, 200, 100, 200, 255)
```

SHELL

- ▶ Écrivons un programme qui fait la moyenne entre deux couleurs.

```
def mélange(c1,c2):
    (r1,g1,b1) = c1
    (r2,g2,b2) = c2
    r3=(r1+r2)//2
    g3=(g1+g2)//2
    b3=(b1+b2)//2
    return (r3,g3,b3)
```

SCRIPT

```
>>> rouge=(255,0,0)
>>> jaune=(255,255,0)
>>> orange=mélange(rouge,jaune)
>>>
```

SHELL

- ▶ En règle générale, on ne peut pas ajouter des couleurs.
 - ▶ Chaque composante doit être inférieure à 255 : ~~(355, 300, 455)~~
 - ▶ D'ailleurs le + ne fait pas l'addition !

```
>>> (255,100,200) + (100, 200, 255)
(255, 100, 200, 100, 200, 255)
```

SHELL

- ▶ Écrivons un programme qui fait la moyenne entre deux couleurs.

```
def mélange(c1,c2):
    (r1,g1,b1) = c1
    (r2,g2,b2) = c2
    r3=(r1+r2)//2
    g3=(g1+g2)//2
    b3=(b1+b2)//2
    return (r3,g3,b3)
```

SCRIPT

```
>>> rouge=(255,0,0)
>>> jaune=(255,255,0)
>>> orange=mélange(rouge,jaune)
>>> orange
```

SHELL

- ▶ En règle générale, on ne peut pas ajouter des couleurs.
 - ▶ Chaque composante doit être inférieure à 255 : ~~(355, 300, 455)~~
 - ▶ D'ailleurs le + ne fait pas l'addition !

```
>>> (255,100,200) + (100, 200, 255)
(255, 100, 200, 100, 200, 255)
```

SHELL

- ▶ Écrivons un programme qui fait la moyenne entre deux couleurs.

```
def mélange(c1,c2):
    (r1,g1,b1) = c1
    (r2,g2,b2) = c2
    r3=(r1+r2)//2
    g3=(g1+g2)//2
    b3=(b1+b2)//2
    return (r3,g3,b3)
```

SCRIPT

```
>>> rouge=(255,0,0)
>>> jaune=(255,255,0)
>>> orange=mélange(rouge,jaune)
>>> orange
(255, 127, 0)
```

SHELL

- ▶ Écrire un programme qui mélange deux couleurs selon une proportion p
 - ▶ $\text{mélange_p}(0.75, c1, c2) = 0,75 \times c1 + 0,25 \times c2$
 - ▶ $\text{mélange_p}(p, c1, c2) = p \times c1 + (1-p) \times c2$
 - ▶ Remarque : on doit avoir :
$$\text{mélange_p}(0.5, c1, c2) == \text{mélange}(c1, c2)$$
- ▶ Le gris est un mélange entre blanc et noir.
 - ▶ (10, 10, 10) gris très foncé
 - ▶ (200, 200, 200) gris très clair
- ▶ Pour avoir des couleurs plus claires ou plus foncées :
 - ▶ Bleu foncé : mélange de bleu et de noir (0, 0, 100)
 - ▶ Jaune clair : mélange de jaune et blanc (255, 255, 100)
 - ▶ Marron : orange foncé

- 🍃 Partie I. Géométrie cartésienne
- 🍃 Partie II. Couleurs et tuples
- 🍃 **Partie III. Variables locales/globales**
- 🍃 Partie IV. Dessiner avec Tk
- 🍃 Partie V. Algorithmes de tracer de figure
- 🍃 Partie VI. Créer son propre type
- 🍃 Partie VII. Exemples
- 🍃 Partie VIII. Table des matières

- ▶ On appelle **variable locale**
 - ▶ une variable définie dans le corps d'une fonction.
 - ▶ une variable définie comme argument d'une fonction

```
def boucle(n):  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j,end='')  
        j=j+1  
    print('')
```

SCRIPT

- ▶ On appelle **variable locale**
 - ▶ une variable définie dans le corps d'une fonction.
 - ▶ une variable définie comme argument d'une fonction
- ▶ Les noms n'ont pas d'importance.

```
def boucle(n):  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j,end='')  
        j=j+1  
    print('')
```

SCRIPT

- ▶ On appelle **variable locale**
 - ▶ une variable définie dans le corps d'une fonction.
 - ▶ une variable définie comme argument d'une fonction
- ▶ Les noms n'ont pas d'importance.

```
def boucle(n):  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j,end='')  
        j=j+1  
    print('')
```

SCRIPT

```
def boucle(fin):  
    k=0  
    while k<fin:  
        print(k,end='')  
        k=k+1  
    print('')
```

SCRIPT

- ▶ On appelle **variable locale**
 - ▶ une variable définie dans le corps d'une fonction.
 - ▶ une variable définie comme argument d'une fonction
- ▶ Les noms n'ont pas d'importance.

```
def boucle(n):  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j,end='')  
        j=j+1  
    print('')
```

SCRIPT

```
def boucle(fin):  
    k=0  
    while k<fin:  
        print(k,end='')  
        k=k+1  
    print('')
```

SCRIPT

- ▶ On appelle **variable locale**
 - ▶ une variable définie dans le corps d'une fonction.
 - ▶ une variable définie comme argument d'une fonction
- ▶ Les noms n'ont pas d'importance.

```
def boucle(n):  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j,end='')  
        j=j+1  
    print('')
```

SCRIPT



```
def boucle(fin):  
    k=0  
    while k<fin:  
        print(k,end='')  
        k=k+1  
    print('')
```

SCRIPT

- ▶ Une variable locale n'est utilisable que localement.

>>>

SHELL

- ▶ On appelle **variable locale**
 - ▶ une variable définie dans le corps d'une fonction.
 - ▶ une variable définie comme argument d'une fonction
- ▶ Les noms n'ont pas d'importance.

```
def boucle(n):  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j,end='')  
        j=j+1  
    print('')
```

SCRIPT

```
def boucle(fin):  
    k=0  
    while k<fin:  
        print(k,end='')  
        k=k+1  
    print('')
```

SCRIPT

- ▶ Une variable locale n'est utilisable que localement.

```
>>> j=17
```

SHELL

- ▶ On appelle **variable locale**
 - ▶ une variable définie dans le corps d'une fonction.
 - ▶ une variable définie comme argument d'une fonction
- ▶ Les noms n'ont pas d'importance.

```
def boucle(n):  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j,end='')  
        j=j+1  
    print('')
```

SCRIPT

```
def boucle(fin):  
    k=0  
    while k<fin:  
        print(k,end='')  
        k=k+1  
    print('')
```

SCRIPT

- ▶ Une variable locale n'est utilisable que localement.

```
>>> j=17  
>>>
```

SHELL

- ▶ On appelle **variable locale**
 - ▶ une variable définie dans le corps d'une fonction.
 - ▶ une variable définie comme argument d'une fonction
- ▶ Les noms n'ont pas d'importance.

```
def boucle(n):  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j,end='')  
        j=j+1  
    print('')
```

SCRIPT



```
def boucle(fin):  
    k=0  
    while k<fin:  
        print(k,end='')  
        k=k+1  
    print('')
```

SCRIPT

- ▶ Une variable locale n'est utilisable que localement.

```
>>> j=17  
>>> boucle(3)
```

SHELL

- ▶ On appelle **variable locale**
 - ▶ une variable définie dans le corps d'une fonction.
 - ▶ une variable définie comme argument d'une fonction
- ▶ Les noms n'ont pas d'importance.

```
def boucle(n):  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j,end='')  
        j=j+1  
    print('')
```

SCRIPT

```
def boucle(fin):  
    k=0  
    while k<fin:  
        print(k,end='')  
        k=k+1  
    print('')
```

SCRIPT

- ▶ Une variable locale n'est utilisable que localement.

```
>>> j=17  
>>> boucle(3)  
012  
>>>
```

SHELL

- ▶ On appelle **variable locale**
 - ▶ une variable définie dans le corps d'une fonction.
 - ▶ une variable définie comme argument d'une fonction
- ▶ Les noms n'ont pas d'importance.

```
def boucle(n):  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j,end='')  
        j=j+1  
    print('')
```

SCRIPT

```
def boucle(fin):  
    k=0  
    while k<fin:  
        print(k,end='')  
        k=k+1  
    print('')
```

SCRIPT

- ▶ Une variable locale n'est utilisable que localement.

```
>>> j=17  
>>> boucle(3)  
012  
>>> j
```

SHELL

- ▶ On appelle **variable locale**
 - ▶ une variable définie dans le corps d'une fonction.
 - ▶ une variable définie comme argument d'une fonction
- ▶ Les noms n'ont pas d'importance.

```
def boucle(n):  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j,end='')  
        j=j+1  
    print('')
```

SCRIPT



```
def boucle(fin):  
    k=0  
    while k<fin:  
        print(k,end='')  
        k=k+1  
    print('')
```

SCRIPT

- ▶ Une variable locale n'est utilisable que localement.

```
>>> j=17  
>>> boucle(3)  
012  
>>> j  
17
```

SHELL

- ▶ Une variable en dehors de toute fonction est globale. Pour la **modifier** dans une fonction, il faut la déclarer explicitement.

- ▶ Une variable en dehors de toute fonction est globale. Pour la **modifier** dans une fonction, il faut la déclarer explicitement.

```
def boucle(n):  
    global j # <- Je peux modifier un j défini ailleurs  
    print('j =', j, end=' : ')  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j, end='')  
        j=j+1
```

SCRIPT

- ▶ Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

>>>

SHELL

- ▶ Une variable en dehors de toute fonction est globale. Pour la **modifier** dans une fonction, il faut la déclarer explicitement.

```
def boucle(n):  
    global j # <- Je peux modifier un j défini ailleurs  
    print('j =', j, end=' : ')  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j, end='')  
        j=j+1
```

SCRIPT

- ▶ Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

```
>>> j=17
```

SHELL

- ▶ Une variable en dehors de toute fonction est globale. Pour la **modifier** dans une fonction, il faut la déclarer explicitement.

```
def boucle(n):  
    global j # <- Je peux modifier un j défini ailleurs  
    print('j =', j, end=' : ' )  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j, end='')  
        j=j+1
```

SCRIPT

- ▶ Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

```
>>> j=17  
>>>
```

SHELL

- ▶ Une variable en dehors de toute fonction est globale. Pour la **modifier** dans une fonction, il faut la déclarer explicitement.

```
def boucle(n):  
    global j # <- Je peux modifier un j défini ailleurs  
    print('j =', j, end=' : ' )  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j, end='')  
        j=j+1
```

SCRIPT

- ▶ Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

```
>>> j=17  
>>> boucle(3) # On modifie j
```

SHELL

- ▶ Une variable en dehors de toute fonction est globale. Pour la **modifier** dans une fonction, il faut la déclarer explicitement.

```
def boucle(n):  
    global j # <- Je peux modifier un j défini ailleurs  
    print('j =', j, end=' : ' )  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j, end='')  
        j=j+1
```

SCRIPT

- ▶ Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

```
>>> j=17  
>>> boucle(3) # On modifie j  
j = 17 : 012  
>>>
```

SHELL

- ▶ Une variable en dehors de toute fonction est globale. Pour la **modifier** dans une fonction, il faut la déclarer explicitement.

```
def boucle(n):  
    global j # <- Je peux modifier un j défini ailleurs  
    print('j =', j, end=' : ' )  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j, end='')  
        j=j+1
```

SCRIPT

- ▶ Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

```
>>> j=17  
>>> boucle(3) # On modifie j  
j = 17 : 012  
>>> j
```

SHELL

- ▶ Une variable en dehors de toute fonction est globale. Pour la **modifier** dans une fonction, il faut la déclarer explicitement.

```
def boucle(n):  
    global j # <- Je peux modifier un j défini ailleurs  
    print('j =', j, end=' : ')  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j, end='')  
        j=j+1
```

SCRIPT

- ▶ Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

```
>>> j=17  
>>> boucle(3) # On modifie j  
j = 17 : 012  
>>> j  
3
```

SHELL

- ▶ Une variable en dehors de toute fonction est globale. Pour la **modifier** dans une fonction, il faut la déclarer explicitement.

```
def boucle(n):  
    global j # <- Je peux modifier un j défini ailleurs  
    print('j =', j, end=' : ')  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j, end='')  
        j=j+1
```

SCRIPT

- ▶ Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

```
>>> j=17  
>>> boucle(3) # On modifie j  
j = 17 : 012  
>>> j  
3
```

SHELL

- ▶ Variable globale : à éviter sauf cas exceptionnels.

- ▶ Une variable en dehors de toute fonction est globale. Pour la **modifier** dans une fonction, il faut la déclarer explicitement.

```
def boucle(n):  
    global j # <- Je peux modifier un j défini ailleurs  
    print('j =', j, end=' : ' )  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j, end='')  
        j=j+1
```

SCRIPT

- ▶ Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

```
>>> j=17  
>>> boucle(3) # On modifie j  
j = 17 : 012  
>>> j  
3
```

SHELL

- ▶ Variable globale : à éviter sauf cas exceptionnels.
 - ▶ paramètre global accessible de partout (ok)

- ▶ Une variable en dehors de toute fonction est globale. Pour la **modifier** dans une fonction, il faut la déclarer explicitement.

```
def boucle(n):  
    global j # <- Je peux modifier un j défini ailleurs  
    print('j =', j, end=' : ' )  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j, end='')  
        j=j+1
```

SCRIPT

- ▶ Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

```
>>> j=17  
>>> boucle(3) # On modifie j  
j = 17 : 012  
>>> j  
3
```

SHELL

- ▶ Variable globale : à éviter sauf cas exceptionnels.
 - ▶ paramètre global accessible de partout (ok)
 - ▶ paramètre modifié par toutes les fonctions : non !

- ▶ Une variable en dehors de toute fonction est globale. Pour la **modifier** dans une fonction, il faut la déclarer explicitement.

```
def boucle(n):  
    global j # <- Je peux modifier un j défini ailleurs  
    print('j =', j, end=' : ' )  
    j=0  
    while j<n:  
        print(j, end='')  
        j=j+1
```

SCRIPT

- ▶ Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

```
>>> j=17  
>>> boucle(3) # On modifie j  
j = 17 : 012  
>>> j  
3
```

SHELL

- ▶ Variable globale : à éviter sauf cas exceptionnels.
 - ▶ paramètre global accessible de partout (ok)
 - ▶ paramètre modifié par toutes les fonctions : non !
 - ▶ Par défaut, les variables sont locales

- ▶ On peut définir une fonction dans une fonction

- ▶ On peut définir une fonction dans une fonction

```
def max3(a,b,c):  
    def max2(x,y):  
        if x>y: return x  
        else: return y  
    return max2(max2(a,b),c)
```

SCRIPT

- ▶ On peut définir une fonction dans une fonction

```
def max3(a,b,c):  
    def max2(x,y):  
        if x>y: return x  
        else: return y  
    return max2(max2(a,b),c)
```

SCRIPT

- ▶ Mais la fonction locale ne peut pas être utilisée ailleurs.

```
>>>
```

SHELL

- ▶ On peut définir une fonction dans une fonction

```
def max3(a,b,c):  
    def max2(x,y):  
        if x>y: return x  
        else: return y  
    return max2(max2(a,b),c)
```

SCRIPT

- ▶ Mais la fonction locale ne peut pas être utilisée ailleurs.

```
>>> max3(17,-5,133)
```

SHELL

- ▶ On peut définir une fonction dans une fonction

```
def max3(a,b,c):  
    def max2(x,y):  
        if x>y: return x  
        else: return y  
    return max2(max2(a,b),c)
```

SCRIPT

- ▶ Mais la fonction locale ne peut pas être utilisée ailleurs.

```
>>> max3(17,-5,133)  
133  
>>>
```

SHELL

- ▶ On peut définir une fonction dans une fonction

```
def max3(a,b,c):  
    def max2(x,y):  
        if x>y: return x  
        else: return y  
    return max2(max2(a,b),c)
```

SCRIPT

- ▶ Mais la fonction locale ne peut pas être utilisée ailleurs.

```
>>> max3(17,-5,133)  
133  
>>> max2(3,4)
```

SHELL

- ▶ On peut définir une fonction dans une fonction

```
def max3(a,b,c):  
    def max2(x,y):  
        if x>y: return x  
        else: return y  
    return max2(max2(a,b),c)
```

SCRIPT

- ▶ Mais la fonction locale ne peut pas être utilisée ailleurs.

```
>>> max3(17,-5,133)  
133  
>>> max2(3,4)  
Traceback (most recent call last):  
  File "<console>", line 1, in <module>  
NameError: name 'max2' is not defined
```

SHELL

- ▶ On peut définir une fonction dans une fonction

```
def max3(a,b,c):  
    def max2(x,y):  
        if x>y: return x  
        else: return y  
    return max2(max2(a,b),c)
```

SCRIPT

- ▶ Mais la fonction locale ne peut pas être utilisée ailleurs.

```
>>> max3(17,-5,133)  
133  
>>> max2(3,4)  
Traceback (most recent call last):  
  File "<console>", line 1, in <module>  
NameError: name 'max2' is not defined
```

SHELL

- ▶ Difficile à lire.

- ▶ On peut définir une fonction dans une fonction

```
def max3(a,b,c):  
    def max2(x,y):  
        if x>y: return x  
        else: return y  
    return max2(max2(a,b),c)
```

SCRIPT

- ▶ Mais la fonction locale ne peut pas être utilisée ailleurs.

```
>>> max3(17,-5,133)  
133  
>>> max2(3,4)  
Traceback (most recent call last):  
  File "<console>", line 1, in <module>  
NameError: name 'max2' is not defined
```

SHELL

- ▶ Difficile à lire. Privilégiez des fonctions locales sur 1 ou 2 lignes.

```
def cercle(t):  
    def X(t): return 100*cos(t/10)  
    def Y(t): return 100*sin(t/10)  
    return (X(t),Y(t))
```

SCRIPT

Il y a deux types de programme.

Il y a deux types de programme.

- ▶ **Les fonctions** sont des programmes qui renvoient (**return**) une valeur et ne modifient pas l'état.

Il y a deux types de programme.

- ▶ **Les fonctions** sont des programmes qui renvoient (**return**) une valeur et ne modifient pas l'état.
 - ▶ semblables aux fonctions mathématiques

Il y a deux types de programme.

- ▶ **Les fonctions** sont des programmes qui renvoient (**return**) une valeur et ne modifient pas l'état.
 - ▶ semblables aux fonctions mathématiques
 - ▶ utilisées lorsqu'on doit faire un calcul

Il y a deux types de programme.

- ▶ **Les fonctions** sont des programmes qui renvoient (**return**) une valeur et ne modifient pas l'état.
 - ▶ semblables aux fonctions mathématiques
 - ▶ utilisées lorsqu'on doit faire un calcul
- ▶ **Les procédures** sont des programmes qui ne renvoient aucune valeur mais modifient l'état du système.

Il y a deux types de programme.

- ▶ **Les fonctions** sont des programmes qui renvoient (**return**) une valeur et ne modifient pas l'état.
 - ▶ semblables aux fonctions mathématiques
 - ▶ utilisées lorsqu'on doit faire un calcul
- ▶ **Les procédures** sont des programmes qui ne renvoient aucune valeur mais modifient l'état du système. L'état peut être :
 - ▶ L'affichage sur l'écran (**print**);

Il y a deux types de programme.

- ▶ **Les fonctions** sont des programmes qui renvoient (**return**) une valeur et ne modifient pas l'état.
 - ▶ semblables aux fonctions mathématiques
 - ▶ utilisées lorsqu'on doit faire un calcul
- ▶ **Les procédures** sont des programmes qui ne renvoient aucune valeur mais modifient l'état du système. L'état peut être :
 - ▶ L'affichage sur l'écran (**print**);
 - ▶ la sauvegarde d'un fichier sur le disque;

Il y a deux types de programme.

- ▶ **Les fonctions** sont des programmes qui renvoient (**return**) une valeur et ne modifient pas l'état.
 - ▶ semblables aux fonctions mathématiques
 - ▶ utilisées lorsqu'on doit faire un calcul
- ▶ **Les procédures** sont des programmes qui ne renvoient aucune valeur mais modifient l'état du système. L'état peut être :
 - ▶ L'affichage sur l'écran (**print**);
 - ▶ la sauvegarde d'un fichier sur le disque;
 - ▶ la modification d'une fenêtre graphique.

Il y a deux types de programme.

- ▶ **Les fonctions** sont des programmes qui renvoient (**return**) une valeur et ne modifient pas l'état.
 - ▶ semblables aux fonctions mathématiques
 - ▶ utilisées lorsqu'on doit faire un calcul
- ▶ **Les procédures** sont des programmes qui ne renvoient aucune valeur mais modifient l'état du système. L'état peut être :
 - ▶ L'affichage sur l'écran (**print**);
 - ▶ la sauvegarde d'un fichier sur le disque;
 - ▶ la modification d'une fenêtre graphique.
 - ▶ la modification de variables globales

Il y a deux types de programme.

- ▶ **Les fonctions** sont des programmes qui renvoient (**return**) une valeur et ne modifient pas l'état.
 - ▶ semblables aux fonctions mathématiques
 - ▶ utilisées lorsqu'on doit faire un calcul
- ▶ **Les procédures** sont des programmes qui ne renvoient aucune valeur mais modifient l'état du système. L'état peut être :
 - ▶ L'affichage sur l'écran (**print**);
 - ▶ la sauvegarde d'un fichier sur le disque;
 - ▶ la modification d'une fenêtre graphique.
 - ▶ la modification de variables globales
- ▶ On peut modifier l'état et renvoyer une valeur en même temps.

Il y a deux types de programme.

- ▶ **Les fonctions** sont des programmes qui renvoient (**return**) une valeur et ne modifient pas l'état.
 - ▶ semblables aux fonctions mathématiques
 - ▶ utilisées lorsqu'on doit faire un calcul
- ▶ **Les procédures** sont des programmes qui ne renvoient aucune valeur mais modifient l'état du système. L'état peut être :
 - ▶ L'affichage sur l'écran (**print**);
 - ▶ la sauvegarde d'un fichier sur le disque;
 - ▶ la modification d'une fenêtre graphique.
 - ▶ la modification de variables globales
- ▶ On peut modifier l'état et renvoyer une valeur en même temps.
 - ▶ À éviter sans bonnes raisons.
 - ▶ Il est bien de séparer les parties qui font un calcul ou un algorithme...
 - ▶ ... des parties du code qui interagissent (**input**, **print**, etc.)

- Partie I. Géométrie cartésienne
- Partie II. Couleurs et tuples
- Partie III. Variables locales/globales
- Partie IV. Dessiner avec Tk
- Partie V. Algorithmes de tracer de figure
- Partie VI. Créer son propre type
- Partie VII. Exemples
- Partie VIII. Table des matières

Tk est une bibliothèque graphique disponible sous de nombreux langages

- ▶ Sous Python, c'est le module tkinter
- ▶ Disponible sur GNU/Linux, Windows et Mac

Tk est une bibliothèque graphique disponible sous de nombreux langages

- ▶ Sous Python, c'est le module tkinter
- ▶ Disponible sur GNU/Linux, Windows et Mac

▶ Dessin

- ▶ C'est l'objectif de cette semaine
- ▶ Créer et sauvegarder des images

Tk est une bibliothèque graphique disponible sous de nombreux langages

- ▶ Sous Python, c'est le module tkinter
- ▶ Disponible sur GNU/Linux, Windows et Mac

▶ Dessin

- ▶ C'est l'objectif de cette semaine
- ▶ Créer et sauvegarder des images

▶ Animation

- ▶ Séquence d'images
- ▶ Plus tard dans le semestre

Tk est une bibliothèque graphique disponible sous de nombreux langages

- ▶ Sous Python, c'est le module tkinter
- ▶ Disponible sur GNU/Linux, Windows et Mac

▶ Dessin

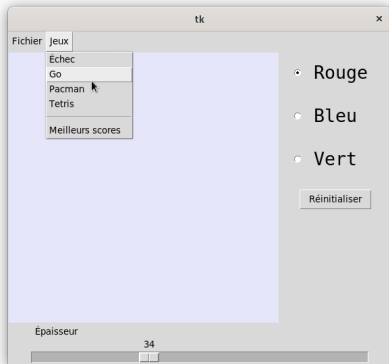
- ▶ C'est l'objectif de cette semaine
- ▶ Créer et sauvegarder des images

▶ Animation

- ▶ Séquence d'images
- ▶ Plus tard dans le semestre

▶ Interface graphique complète

- ▶ Gestion des évènements
- ▶ Gestion du clavier et de la souris.
- ▶ Jeux
- ▶ Menu, boutons, cases à cocher
- ▶ Plus tard dans le semestre



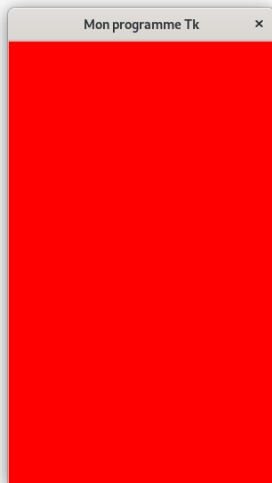
SCRIPT

```
import tkinter as tk

# On crée une fenêtre
root = tk.Tk()
root.title("Mon programme Tk")

# On crée un canvas (zone de dessin)
Hauteur=700
Largeur=300

# Pour raccourcir la ligne suivante
(H,L,c)=(Hauteur, Largeur, 'red')
Dessin=tk.Canvas(root,height=H,width=L,bg=c)
Dessin.pack()
```



SCRIPT

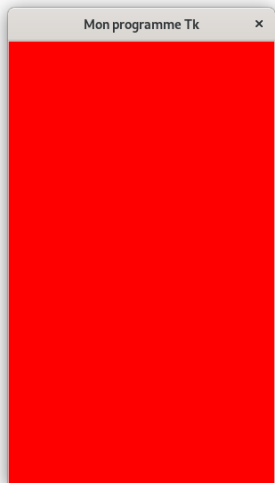
```
import tkinter as tk

# On crée une fenêtre
root = tk.Tk()
root.title("Mon programme Tk")

# On crée un canvas (zone de dessin)
Hauteur=700
Largeur=300

# Pour raccourcir la ligne suivante
(H,L,c)=(Hauteur, Largeur, 'red')
Dessin=tk.Canvas(root,height=H,width=L,bg=c)
Dessin.pack()
```

- ▶ Il faudra bien retenir le nom du *canvas* (ici Dessin)



SCRIPT

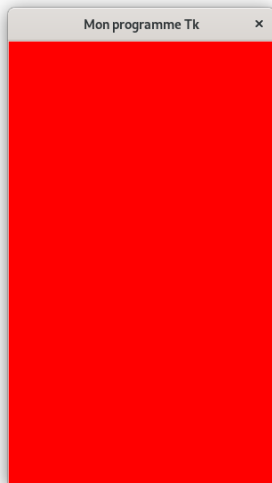
```
import tkinter as tk

# On crée une fenêtre
root = tk.Tk()
root.title("Mon programme Tk")

# On crée un canvas (zone de dessin)
Hauteur=700
Largeur=300

# Pour raccourcir la ligne suivante
(H,L,c)=(Hauteur, Largeur, 'red')
Dessin=tk.Canvas(root,height=H,width=L,bg=c)
Dessin.pack()
```

- ▶ Il faudra bien retenir le nom du *canvas* (ici Dessin)
 - ▶ Ce nom sera nécessaire pour appeler des fonctions



SCRIPT

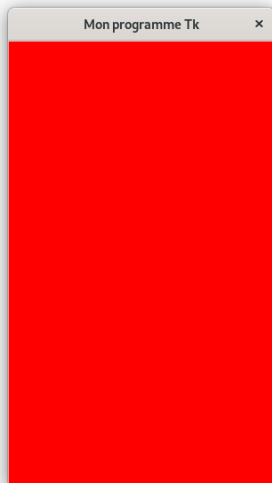
```
import tkinter as tk

# On crée une fenêtre
root = tk.Tk()
root.title("Mon programme Tk")

# On crée un canvas (zone de dessin)
Hauteur=700
Largeur=300

# Pour raccourcir la ligne suivante
(H,L,c)=(Hauteur, Largeur, 'red')
Dessin=tk.Canvas(root,height=H,width=L,bg=c)
Dessin.pack()
```

- ▶ Il faudra bien retenir le nom du *canvas* (ici *Dessin*)
 - ▶ Ce nom sera nécessaire pour appeler des fonctions
 - ▶ On l'utilisera comme variable globale.



SCRIPT

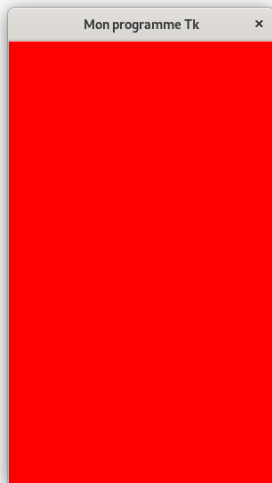
```
import tkinter as tk

# On crée une fenêtre
root = tk.Tk()
root.title("Mon programme Tk")

# On crée un canvas (zone de dessin)
Hauteur=700
Largeur=300

# Pour raccourcir la ligne suivante
(H,L,c)=(Hauteur, Largeur, 'red')
Dessin=tk.Canvas(root,height=H,width=L,bg=c)
Dessin.pack()
```

- ▶ Il faudra bien retenir le nom du *canvas* (ici Dessin)
 - ▶ Ce nom sera nécessaire pour appeler des fonctions
 - ▶ On l'utilisera comme variable globale.
 - ▶ Hauteur et Largeur sont aussi globales



SCRIPT

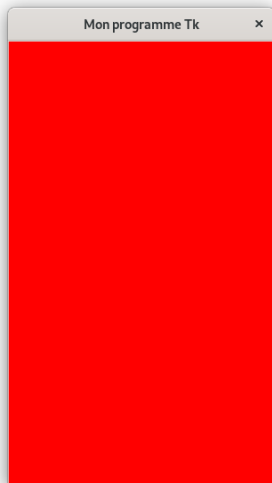
```
import tkinter as tk

# On crée une fenêtre
root = tk.Tk()
root.title("Mon programme Tk")

# On crée un canvas (zone de dessin)
Hauteur=700
Largeur=300

# Pour raccourcir la ligne suivante
(H,L,c)=(Hauteur, Largeur, 'red')
Dessin=tk.Canvas(root,height=H,width=L,bg=c)
Dessin.pack()
```

- ▶ Il faudra bien retenir le nom du *canvas* (ici Dessin)
 - ▶ Ce nom sera nécessaire pour appeler des fonctions
 - ▶ On l'utilisera comme variable globale.
 - ▶ Hauteur et Largeur sont aussi globales
- ▶ Votre script doit se terminer par `root.mainloop()`



- ▶ À la suite du code précédent

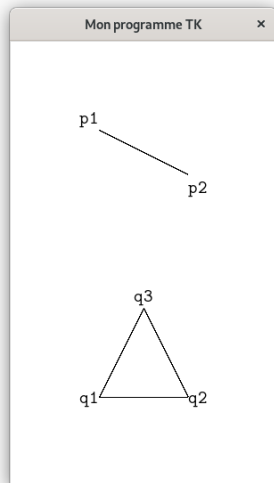
```
p1=(100,100)  
p2=(200,150)
```

SCRIPT

```
Dessin.create_line(p1,p2)
```

```
q1 = (100,400)  
q2 = (200,400)  
q3 = (150,300)
```

```
Dessin.create_line(q1,q2)  
Dessin.create_line(q2,q3)  
Dessin.create_line(q3,q1)
```



- ▶ À la suite du code précédent

```
p1=(100,100)
p2=(200,150)

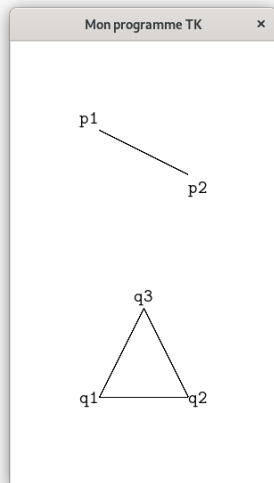
Dessin.create_line(p1,p2)

q1 = (100,400)
q2 = (200,400)
q3 = (150,300)

Dessin.create_line(q1,q2)
Dessin.create_line(q2,q3)
Dessin.create_line(q3,q1)
```

SCRIPT

- ▶ Les noms de point ne s'affichent normalement pas !
- ▶ Je les ai rajoutés pour vous aider.



- ▶ On peut ajouter des options
 - ▶ pour la couleur `fill=...`
 - ▶ pour l'épaisseur `width=...`
 - ▶ pour la forme des bords `cap=...`

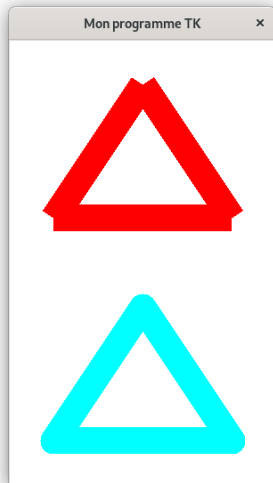
SCRIPT

```
p1 = ( 50,200)
p2 = (250,200)
p3 = (150,50)

Dessin.create_line(p1,p2,width=30,fill='red')
Dessin.create_line(p2,p3,width=30,fill='red')
Dessin.create_line(p3,p1,width=30,fill='red')

q1 = ( 50,450)
q2 = (250,450)
q3 = (150,300)

w=30
f='cyan'
c='round'
Dessin.create_line(p,q,width=w,fill=f,cap=c)
Dessin.create_line(q,r,width=w,fill=f,cap=c)
Dessin.create_line(r,p,width=w,fill=f,cap=c)
```



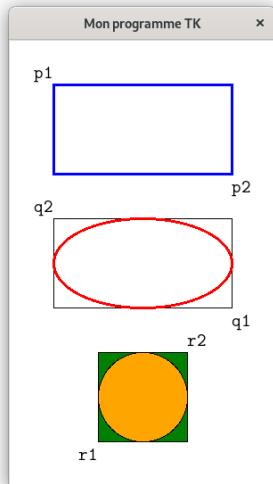
- ▶ On trace un rectangle à partir de 2 points diagonales

```
p1 = ( 50,50)
p2 = (250,150)
b='blue'
Dessin.create_rectangle(p1,p2,width=3,outline=b)

q1 = (250,300)
q2 = ( 50,200)
Dessin.create_rectangle(q1,q2)
Dessin.create_oval(q1,q2,width=3,outline='red')

r1 = (100,450)
r2 = (200,350)
# Carré
Dessin.create_rectangle(r1,r2,fill='green')
# Cercle
Dessin.create_oval(r1,r2,fill='orange')
```

SCRIPT



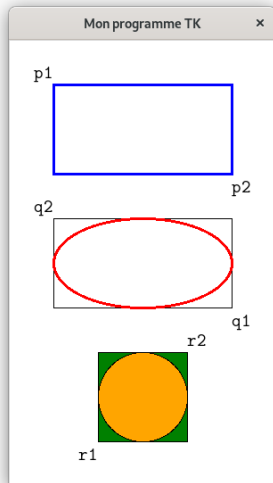
- ▶ On trace un rectangle à partir de 2 points diagonales
- ▶ On trace une ellipse à partir du rectangle la contenant

```
p1 = ( 50,50)
p2 = (250,150)
b='blue'
Dessin.create_rectangle(p1,p2,width=3,outline=b)

q1 = (250,300)
q2 = ( 50,200)
Dessin.create_rectangle(q1,q2)
Dessin.create_oval(q1,q2,width=3,outline='red')

r1 = (100,450)
r2 = (200,350)
# Carré
Dessin.create_rectangle(r1,r2,fill='green')
# Cercle
Dessin.create_oval(r1,r2,fill='orange')
```

SCRIPT



- ▶ On trace un rectangle à partir de 2 points diagonales
- ▶ On trace une ellipse à partir du rectangle la contenant

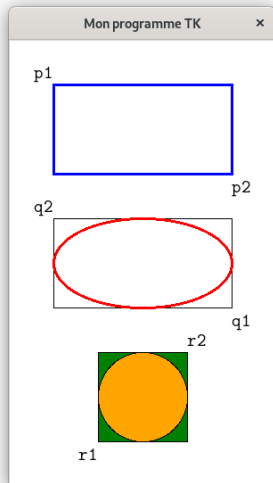
```
p1 = ( 50,50)
p2 = (250,150)
b='blue'
Dessin.create_rectangle(p1,p2,width=3,outline=b)

q1 = (250,300)
q2 = ( 50,200)
Dessin.create_rectangle(q1,q2)
Dessin.create_oval(q1,q2,width=3,outline='red')

r1 = (100,450)
r2 = (200,350)
# Carré
Dessin.create_rectangle(r1,r2,fill='green')
# Cercle
Dessin.create_oval(r1,r2,fill='orange')
```

SCRIPT

- ▶ On peut choisir la couleur pour :
 - ▶ tracer : option outline=...
 - ▶ remplir : option fill=...



- ▶ On trace un rectangle à partir de 2 points diagonales
- ▶ On trace une ellipse à partir du rectangle la contenant

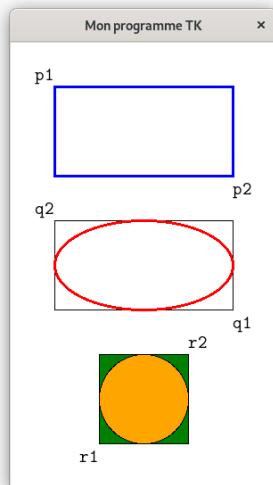
```
p1 = ( 50,50)
p2 = (250,150)
b='blue'
Dessin.create_rectangle(p1,p2,width=3,outline=b)

q1 = (250,300)
q2 = ( 50,200)
Dessin.create_rectangle(q1,q2)
Dessin.create_oval(q1,q2,width=3,outline='red')

r1 = (100,450)
r2 = (200,350)
# Carré
Dessin.create_rectangle(r1,r2,fill='green')
# Cercle
Dessin.create_oval(r1,r2,fill='orange')
```

SCRIPT

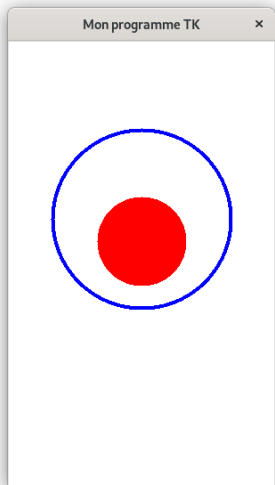
- ▶ On peut choisir la couleur pour :
 - ▶ tracer : option outline=...
 - ▶ remplir : option fill=...
- ▶ Les noms de point ne s'affichent normalement pas !



- ▶ On souhaite une fonction plus simple à utiliser :
 - ▶ pour les cercles
 - ▶ pour les disques

```
def cercle(x,y,rayon,épaisseur,couleur):  
    p1 = (x-rayon,y-rayon)  
    p2 = (x+rayon,y+rayon)  
    (w,c) = (épaisseur,couleur)  
    Dessin.create_oval(p1,p2,width=w,outline=c)  
  
def disque(x,y,rayon,couleur):  
    p1 = (x-rayon,y-rayon)  
    p2 = (x+rayon,y+rayon)  
    Dessin.create_oval(p1,p2,width=0,fill=couleur)  
  
épaisseur=4  
cercle(150,200,100,épaisseur,'blue')  
disque(150,225,50,'red')
```

SCRIPT



- ▶ Rappel : un octet (0...255) correspond à deux chiffres hexadécimaux.

- ▶ Rappel : un octet (0...255) correspond à deux chiffres hexadécimaux.

Chiffre hexa.	0	1	2	...	9	A	B	C	D	E	F
nombre (base 10)	0	1	2	...	9	10	11	12	13	14	15

- ▶ Rappel : un octet (0...255) correspond à deux chiffres hexadécimaux.

Chiffre hexa.	0	1	2	...	9	A	B	C	D	E	F
nombre (base 10)	0	1	2	...	9	10	11	12	13	14	15

- ▶ Conversion :
 - ▶ $216 // 16$ donne **D** (13) et $216 \% 16$ donne **8**
 - ▶ 216 correspond à D8.

- ▶ Rappel : un octet (0...255) correspond à deux chiffres hexadécimaux.

Chiffre hexa.	0	1	2	...	9	A	B	C	D	E	F
nombre (base 10)	0	1	2	...	9	10	11	12	13	14	15

- ▶ Conversion :

- ▶ $216 // 16$ donne **D** (13) et $216 \% 16$ donne **8**
- ▶ 216 correspond à D8.

- ▶ Le calcul dans l'autre sens est tout aussi rapide :

- ▶ $D8 = 13 \times 16 + 8 = 216$

- ▶ Rappel : un octet (0...255) correspond à deux chiffres hexadécimaux.

Chiffre hexa.	0	1	2	...	9	A	B	C	D	E	F
nombre (base 10)	0	1	2	...	9	10	11	12	13	14	15

- ▶ Conversion :

- ▶ $216 // 16$ donne **D** (13) et $216 \% 16$ donne **8**
- ▶ 216 correspond à D8.

- ▶ Le calcul dans l'autre sens est tout aussi rapide :

- ▶ $D8 = 13 \times 16 + 8 = 216$

- ▶ Une couleur sous Tk se note '#RRGGBB' où RR, GG et BB sont les écritures hexadécimales des trois composantes.

- ▶ Rappel : un octet (0...255) correspond à deux chiffres hexadécimaux.

Chiffre hexa.	0	1	2	...	9	A	B	C	D	E	F
nombre (base 10)	0	1	2	...	9	10	11	12	13	14	15

- ▶ Conversion :

- ▶ $216 // 16$ donne **D** (13) et $216 \% 16$ donne **8**
- ▶ 216 correspond à D8.

- ▶ Le calcul dans l'autre sens est tout aussi rapide :

- ▶ $D8 = 13 \times 16 + 8 = 216$

- ▶ Une couleur sous Tk se note '#RRGGBB' où RR, GG et BB sont les écritures hexadécimales des trois composantes.

- ▶ De nombreuses couleurs sont cependant prédéfinies sous Tk sous forme de chaîne de caractère. ('red', 'green', 'orange', etc)

- ▶ À quoi correspond la couleur suivante : '#00FF00' ?

- ▶ Comment coder le orange (255,126,0) en hexadécimale ?

- ▶ À quoi correspond la couleur suivante : '#00FF00' ?

```
>>> SHELL
```

- ▶ Comment coder le orange (255,126,0) en hexadécimale ?

- ▶ À quoi correspond la couleur suivante : '#00FF00' ?

```
>>> 15*16 + 15 # FF
```

```
SHELL
```

- ▶ Comment coder le orange (255,126,0) en hexadécimale ?

- ▶ À quoi correspond la couleur suivante : '#00FF00' ?

```
>>> 15*16 + 15 # FF  
255
```

SHELL

- ▶ Comment coder le orange (255,126,0) en hexadécimale ?

- ▶ À quoi correspond la couleur suivante : '#00FF00' ?

```
>>> 15*16 + 15 # FF  
255
```

SHELL

- ▶ R=0
 - ▶ G=255
 - ▶ B=0
-
- ▶ Comment coder le orange (255,126,0) en hexadécimale ?

- ▶ À quoi correspond la couleur suivante : '#00FF00' ?

```
>>> 15*16 + 15 # FF  
255
```

SHELL

- ▶ R=0
- ▶ G=255
- ▶ B=0
- ▶ C'est du vert!

- ▶ Comment coder le orange (255,126,0) en hexadécimale ?

```
>>>
```

SHELL

- ▶ À quoi correspond la couleur suivante : '#00FF00' ?

```
>>> 15*16 + 15 # FF
255
```

SHELL

- ▶ R=0
- ▶ G=255
- ▶ B=0
- ▶ C'est du vert!

- ▶ Comment coder le orange (255,126,0) en hexadécimale ?

```
>>> 126//16
```

SHELL

- ▶ À quoi correspond la couleur suivante : '#00FF00' ?

```
>>> 15*16 + 15 # FF  
255
```

SHELL

- ▶ R=0
- ▶ G=255
- ▶ B=0
- ▶ C'est du vert!

- ▶ Comment coder le orange (255,126,0) en hexadécimale ?

```
>>> 126//16  
7  
>>>
```

SHELL

- ▶ À quoi correspond la couleur suivante : '#00FF00' ?

```
>>> 15*16 + 15 # FF  
255
```

SHELL

- ▶ R=0
- ▶ G=255
- ▶ B=0
- ▶ C'est du vert!

- ▶ Comment coder le orange (255,126,0) en hexadécimale ?

```
>>> 126//16  
7  
>>> 126 % 16
```

SHELL

- ▶ À quoi correspond la couleur suivante : '#00FF00' ?

```
>>> 15*16 + 15 # FF
255
```

SHELL

- ▶ R=0
- ▶ G=255
- ▶ B=0
- ▶ C'est du vert!

- ▶ Comment coder le orange (255,126,0) en hexadécimale ?

```
>>> 126//16
7
>>> 126 % 16
14
```

SHELL

- ▶ À quoi correspond la couleur suivante : '#00FF00' ?

```
>>> 15*16 + 15 # FF
255
```

SHELL

- ▶ R=0
- ▶ G=255
- ▶ B=0
- ▶ C'est du vert!

- ▶ Comment coder le orange (255,126,0) en hexadécimale ?

```
>>> 126//16
7
>>> 126 % 16
14
```

SHELL

- ▶ '#FF7E00'

- ▶ Pour afficher du texte il y a de nombreuses options
 - ▶ le texte (text=...)
 - ▶ l'ancrage (anchor=...)
 - ▶ la police (font=...)
 - ▶ la couleur (fill=...)

```

# À lire calmement chez soi.
def texte(x,y,a):
    f = "LatinModernMono 20"; p=(x,y); rayon=2
    p1 = (x-rayon,y-rayon); p2 = (x+rayon,y+rayon)
    Dessin.create_oval(p1,p2,width=0,fill='red')
    # La ligne importante
    Dessin.create_text(p,text=a,anchor=a,font=f)

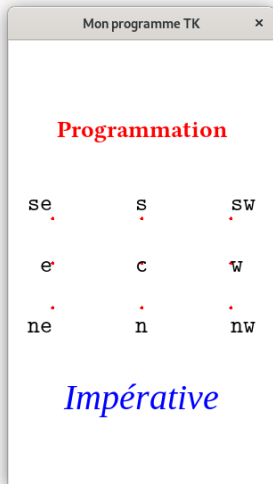
texte(50,200,"se")
# [...] on ne va pas tous les mettre
texte(250,300,"nw")

def texte2(x,y,t,f,c):
    # Par défaut anchor='c'
    Dessin.create_text((x,y),text=t,font=f,fill=c)

f1="LinuxLibertine 20 bold" # bold = « Gras»
f2="LiberationSerif 20 italic"
texte2(150,100,"Programmation",f1,'red')
texte2(150,400,"Impérative",f2,'blue')

```

SCRIPT



- ▶ Durant les cours, TD, TP et contrôle nous n'utiliserons que 4 primitives.
- ▶ `Dessin.create_line(p,q)`
 - ▶ option `fill=` pour la couleur
- ▶ `Dessin.create_rectangle(p,q)`
 - ▶ option `fill=` pour le couleur de remplissage
 - ▶ option `outline=` pour le couleur du bord
- ▶ Les fonctions `disque` et `cercle` que vous devez définir

SCRIPT

```
def cercle(x,y,rayon,épaisseur,couleur):  
    p = (x-rayon,y-rayon)  
    q = (x+rayon,y+rayon)  
    Dessin.create_oval(p,q,width=épaisseur,outline=couleur)  
  
def disque(x,y,rayon,couleur):  
    p = (x-rayon,y-rayon)  
    q = (x+rayon,y+rayon)  
    Dessin.create_oval(p,q,width=0,fill=couleur)
```

- ▶ Votre code doit terminer par `root.mainloop() !!!`

- ▶ Nous n'avons vu qu'une partie des possibilités offertes par Tk
- ▶ Premier réflexe : regarder la documentation officielle.

- ▶ Nous n'avons vu qu'une partie des possibilités offertes par Tk
- ▶ Premier réflexe : regarder la documentation officielle.
 - ▶ Problème : il n'y en a pas!

- ▶ Nous n'avons vu qu'une partie des possibilités offertes par Tk
- ▶ Premier réflexe : regarder la documentation officielle.
 - ▶ Problème : il n'y en a pas!
- ▶ Il existe un excellent site sur lequel je me suis beaucoup basé.
 - ▶ il a de plus l'avantage d'être francophone!
 - ▶ écrit sous forme de tutoriel
 - ▶ documentation du canvas Tkinter (cours d'aujourd'hui) :

http://pascal.ortiz.free.fr/contents/tkinter/tkinter/le_canevas

- ▶ Nous n'avons vu qu'une partie des possibilités offertes par Tk
- ▶ Premier réflexe : regarder la documentation officielle.
 - ▶ Problème : il n'y en a pas!
- ▶ Il existe un excellent site sur lequel je me suis beaucoup basé.
 - ▶ il a de plus l'avantage d'être francophone!
 - ▶ écrit sous forme de tutoriel
 - ▶ documentation du canvas Tkinter (cours d'aujourd'hui) :

http://pascal.ortiz.free.fr/contents/tkinter/tkinter/le_canevas

- ▶ Le site décrit Tkinter en général :

<http://pascal.ortiz.free.fr/contents/tkinter/tkinter/>

- ▶ Nous n'avons vu qu'une partie des possibilités offertes par Tk
- ▶ Premier réflexe : regarder la documentation officielle.
 - ▶ Problème : il n'y en a pas!
- ▶ Il existe un excellent site sur lequel je me suis beaucoup basé.
 - ▶ il a de plus l'avantage d'être francophone!
 - ▶ écrit sous forme de tutoriel
 - ▶ documentation du canvas Tkinter (cours d'aujourd'hui) :

http://pascal.ortiz.free.fr/contents/tkinter/tkinter/le_canevas

- ▶ Le site décrit Tkinter en général :

<http://pascal.ortiz.free.fr/contents/tkinter/tkinter/>

- ▶ Au format pdf :

<http://pascal.ortiz.free.fr/contents/tkinter/tkinter/tkinter.pdf>

- ▶ Une sauvegarde sur mon site (légitime car sous licence CC-BY)

<https://upinfo.univ-cotedazur.fr/~obaldellon/L1/py/tkinter.pdf>

- Partie I. Géométrie cartésienne
- Partie II. Couleurs et tuples
- Partie III. Variables locales/globales
- Partie IV. Dessiner avec Tk
- Partie v. Algorithmes de tracer de figure
- Partie VI. Créer son propre type
- Partie VII. Exemples
- Partie VIII. Table des matières

- ▶ On fait varier x de x_{\min} à x_{\max} par pas de dx .
- ▶ Et on relie les points de coordonnée $(x, f(x))$
- ▶ Le point suivant $(x, f(x))$ étant $(x+dx, f(x+dx))$

```
def ligne(p,q):  
    p1 = coordonnées(p)  
    q1 = coordonnées(q)  
    Dessin.create_line(p1,q1)  
  
def trace_fonction(f, xmin, xmax, dx):  
    (x,y) = (xmin,f(xmin))  
    while x < xmax:  
        p = (x+dx,f(x+dx))  
        ligne((x,y),p)  
        (x,y) = p
```

SCRIPT

- ▶ On fait varier x de x_{\min} à x_{\max} par pas de dx .
- ▶ Et on relie les points de coordonnée $(x, f(x))$
- ▶ Le point suivant $(x, f(x))$ étant $(x+dx, f(x+dx))$

```
def ligne(p,q):  
    p1 = coordonnées(p)  
    q1 = coordonnées(q)  
    Dessin.create_line(p1,q1)  
  
def trace_fonction(f, xmin, xmax, dx):  
    (x,y) = (xmin,f(xmin))  
    while x < xmax:  
        p = (x+dx,f(x+dx))  
        ligne((x,y),p)  
        (x,y) = p
```

SCRIPT

- ▶ Par exemple, on peut tracer une sinusoïde.

```
def sinusoïde(x):  
    return 100 * cos(x/10)  
# On lance le script  
trace_fonction(sinusoïde,-200,200,1.0)
```

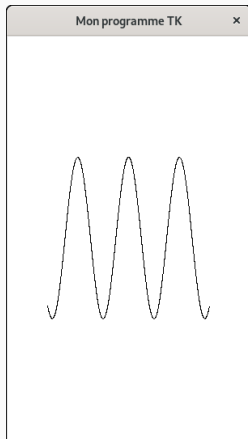
SCRIPT

- ▶ On fait varier x de x_{\min} à x_{\max} par pas de dx .
- ▶ Et on relie les points de coordonnée $(x, f(x))$
- ▶ Le point suivant $(x, f(x))$ étant $(x+dx, f(x+dx))$

```
def ligne(p,q):  
    p1 = coordonnées(p)  
    q1 = coordonnées(q)  
    Dessin.create_line(p1,q1)  
  
def trace_fonction(f, xmin, xmax, dx):  
    (x,y) = (xmin,f(xmin))  
    while x < xmax:  
        p = (x+dx,f(x+dx))  
        ligne((x,y),p)  
        (x,y) = p
```

- ▶ Par exemple, on peut tracer une sinusoïde.

```
def sinusoïde(x):  
    return 100 * cos(x/10)  
# On lance le script  
trace_fonction(sinusoïde,-200,200,1.0)
```



SCRIPT

```
from math import * # cos, sin, pi
import tkinter as tk
root = tk.Tk() # On crée la fenêtre et le canvas (zone de dessin)
root.title("Mon programme Tk")
(Larg,Haut)=(300,500) # Variables globales
Dessin=tk.Canvas(root,height=Haut,width=Larg,bg='white')
Dessin.pack()

def coordonnées(p):
    (x,y)=p
    return (x+Larg//2, -y+Haut//2)

def ligne(p,q):
    p1 = coordonnées(p)
    q1 = coordonnées(q)
    Dessin.create_line(p1,q1)

def trace_fonction(f, xmin, xmax, dx):
    (x,y) = (xmin,f(xmin))
    while x < xmax:
        p = (x+dx,f(x+dx))
        ligne((x,y),p)
        (x,y) = p

def sinusöide(x): return 100*cos(x/10)

trace_fonction(sinusöide,-100,100,1.0)
```

- ▶ Pour tracer une courbe on exprime généralement y en fonction de x

- ▶ Pour tracer une courbe on exprime généralement y en fonction de x
- ▶ On peut aussi exprimer x et y en fonction du temps t : $p(t) = (x(t), y(t))$

- ▶ Pour tracer une courbe on exprime généralement y en fonction de x
- ▶ On peut aussi exprimer x et y en fonction du temps t : $p(t) = (x(t), y(t))$
- ▶ Lorsque t varie, $p(t)$ décrit une courbe : une *courbe paramétrique*.

- ▶ Pour tracer une courbe on exprime généralement y en fonction de x
- ▶ On peut aussi exprimer x et y en fonction du temps t : $p(t) = (x(t), y(t))$
- ▶ Lorsque t varie, $p(t)$ décrit une courbe : une *courbe paramétrique*.
- ▶ Pour tracer une telle courbe, il suffit de relier les points $p(t)$ avec $p(t + dt)$.

- ▶ Pour tracer une courbe on exprime généralement y en fonction de x
- ▶ On peut aussi exprimer x et y en fonction du temps t : $p(t) = (x(t), y(t))$
- ▶ Lorsque t varie, $p(t)$ décrit une courbe : une *courbe paramétrique*.
- ▶ Pour tracer une telle courbe, il suffit de relier les points $p(t)$ avec $p(t + dt)$.
- ▶ On a besoin de t_{min} (le début), de t_{max} (la fin) et de dt (le pas).

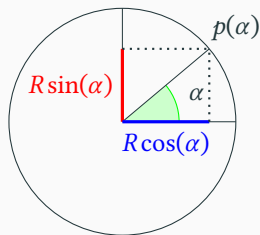
- ▶ Pour tracer une courbe on exprime généralement y en fonction de x
- ▶ On peut aussi exprimer x et y en fonction du temps t : $p(t) = (x(t), y(t))$
- ▶ Lorsque t varie, $p(t)$ décrit une courbe : une *courbe paramétrique*.
- ▶ Pour tracer une telle courbe, il suffit de relier les points $p(t)$ avec $p(t + dt)$.
- ▶ On a besoin de t_{min} (le début), de t_{max} (la fin) et de dt (le pas).

```
def trace_paramétrique(tmin,tmax,fx,fy,dt):  
    """ Trace la courbe d'équation x=fx(t) y=fy(t)  
    avec tmin <= t < tmax et un pas dt  
    """  
    def p(t): return (fx(t),fy(t))  
    t=tmin  
    while t<tmax:  
        ligne(p(t),p(t+dt))  
        t=t+dt
```

SCRIPT

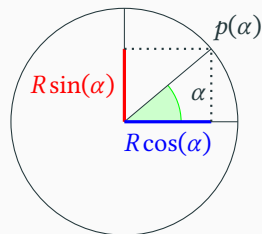
- ▶ Utilisons notre fonction pour tracer un cercle!

- Utilisons notre fonction pour tracer un cercle!



$$\begin{cases} x(t) = x_0 + R \cos(t), \\ y(t) = y_0 + R \sin(t). \end{cases}$$

- Utilisons notre fonction pour tracer un cercle!



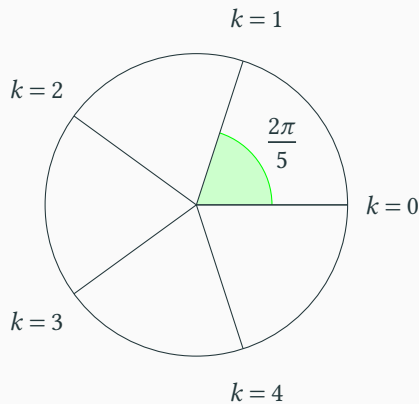
$$\begin{cases} x(t) = x_0 + R \cos(t), \\ y(t) = y_0 + R \sin(t). \end{cases}$$

```
def tracer_cercle(centre, rayon):  
    (x0,y0) = centre  
    def fx(t): return x0+rayon*cos(t)  
    def fy(t): return y0+rayon*sin(t)  
    trace_paramétrique(0, 2*pi, fx, fy, 0.01)  
    # pi est défini dans la bibliothèque math
```

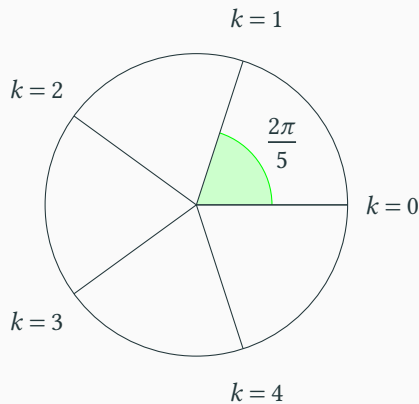
SCRIPT

- ▶ Un polygone régulier est juste un cercle avec une mauvaise résolution!

- ▶ Un polygone régulier est juste un cercle avec une mauvaise résolution!
- ▶ Pour un polygone à n côtés, le pas est $\frac{2\pi}{n}$



- ▶ Un polygone régulier est juste un cercle avec une mauvaise résolution !
- ▶ Pour un polygone à n côtés, le pas est $\frac{2\pi}{n}$



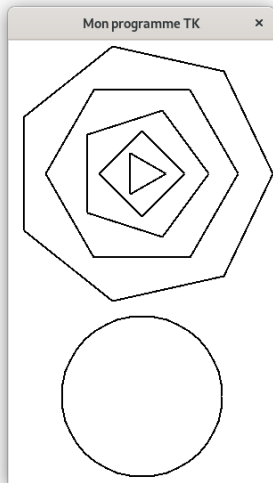
$$\begin{cases} x(k) = x_0 + r \cos\left(\frac{2k\pi}{n}\right), \\ y(k) = y_0 + r \sin\left(\frac{2k\pi}{n}\right). \end{cases}$$

► Mise en pratique !

```
def point(x0,y0,R,k,n):  
    x = x0 + R * cos(2*k*pi/n)  
    y = y0 + R * sin(2*k*pi/n)  
    return (x,y)  
  
def polygone(x0,y0,R,n):  
    def p(k): return point(x0,y0,R,k,n)  
    for k in range(n):  
        Dessin.create_line(p(k),p(k+1))  
  
for i in range(3,8):  
    polygone(150,200,3*i**2,i)  
  
# cercle : polygone a beaucoup de côtés  
polygone(150,450,100,40) # beaucoup = 40
```

SCRIPT

► À contrario, un cercle est un polygone à beaucoup de côtés.



- Partie I. Géométrie cartésienne
- Partie II. Couleurs et tuples
- Partie III. Variables locales/globales
- Partie IV. Dessiner avec Tk
- Partie V. Algorithmes de tracer de figure
- Partie VI. Créer son propre type
- Partie VII. Exemples
- Partie VIII. Table des matières

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>>
```



- ▶ Vraiment tous les éléments

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>> type(4/2)
```

SHELL

- ▶ Vraiment tous les éléments

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>> type(4/2)
<class 'float'>
>>>
```

SHELL

- ▶ Vraiment tous les éléments

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>> type(4/2)
<class 'float'>
>>> type(4//2)
```

SHELL

- ▶ Vraiment tous les éléments

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>> type(4/2)
<class 'float'>
>>> type(4//2)
<class 'int'>
>>>
```

SHELL

- ▶ Vraiment tous les éléments

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>> type(4/2)
<class 'float'>
>>> type(4//2)
<class 'int'>
>>> type(max)
```

SHELL

- ▶ Vraiment tous les éléments

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>> type(4/2)
<class 'float'>
>>> type(4//2)
<class 'int'>
>>> type(max)
<class 'builtin_function_or_method'>
>>>
```

SHELL

- ▶ Vraiment tous les éléments

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>> type(4/2)
<class 'float'>
>>> type(4//2)
<class 'int'>
>>> type(max)
<class 'builtin_function_or_method'>
>>> type((1,2,3))
```

SHELL

- ▶ Vraiment tous les éléments

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>> type(4/2)
<class 'float'>
>>> type(4//2)
<class 'int'>
>>> type(max)
<class 'builtin_function_or_method'>
>>> type((1,2,3))
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ Vraiment tous les éléments

```
>>>
```

SHELL

- ▶ En Python, les types sont appelés classes.
- ▶ Python est un langage objet.

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>> type(4/2)
<class 'float'>
>>> type(4//2)
<class 'int'>
>>> type(max)
<class 'builtin_function_or_method'>
>>> type((1,2,3))
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ Vraiment tous les éléments

```
>>> root = tk.Tk()
```

SHELL

- ▶ En Python, les types sont appelés classes.
- ▶ Python est un langage objet.

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>> type(4/2)
<class 'float'>
>>> type(4//2)
<class 'int'>
>>> type(max)
<class 'builtin_function_or_method'>
>>> type((1,2,3))
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ Vraiment tous les éléments

```
>>> root = tk.Tk()
>>>
```

SHELL

- ▶ En Python, les types sont appelés classes.
- ▶ Python est un langage objet.

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>> type(4/2)
<class 'float'>
>>> type(4//2)
<class 'int'>
>>> type(max)
<class 'builtin_function_or_method'>
>>> type((1,2,3))
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ Vraiment tous les éléments

```
>>> root = tk.Tk()
>>> type(root)
```

SHELL

- ▶ En Python, les types sont appelés classes.
- ▶ Python est un langage objet.

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>> type(4/2)
<class 'float'>
>>> type(4//2)
<class 'int'>
>>> type(max)
<class 'builtin_function_or_method'>
>>> type((1,2,3))
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ Vraiment tous les éléments

```
>>> root = tk.Tk()
>>> type(root)
<class 'tkinter.Tk'>
>>>
```

SHELL

- ▶ En Python, les types sont appelés classes.
- ▶ Python est un langage objet.

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>> type(4/2)
<class 'float'>
>>> type(4//2)
<class 'int'>
>>> type(max)
<class 'builtin_function_or_method'>
>>> type((1,2,3))
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ Vraiment tous les éléments

```
>>> root = tk.Tk()
>>> type(root)
<class 'tkinter.Tk'>
>>> type(print("Coucou"))
```

SHELL

- ▶ En Python, les types sont appelés classes.
- ▶ Python est un langage objet.

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>> type(4/2)
<class 'float'>
>>> type(4//2)
<class 'int'>
>>> type(max)
<class 'builtin_function_or_method'>
>>> type((1,2,3))
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ Vraiment tous les éléments

```
>>> root = tk.Tk()
>>> type(root)
<class 'tkinter.Tk'>
>>> type(print("Coucou"))
Coucou
<class 'NoneType'>
>>>
```

SHELL

- ▶ En Python, les types sont appelés classes.
- ▶ Python est un langage objet.

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>> type(4/2)
<class 'float'>
>>> type(4//2)
<class 'int'>
>>> type(max)
<class 'builtin_function_or_method'>
>>> type((1,2,3))
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ Vraiment tous les éléments

```
>>> root = tk.Tk()
>>> type(root)
<class 'tkinter.Tk'>
>>> type(print("Coucou"))
Coucou
<class 'NoneType'>
>>> type(type(3))
```

SHELL

- ▶ En Python, les types sont appelés classes.
- ▶ Python est un langage objet.

- ▶ En Python, tous les éléments ont un type

```
>>> type(4/2)
<class 'float'>
>>> type(4//2)
<class 'int'>
>>> type(max)
<class 'builtin_function_or_method'>
>>> type((1,2,3))
<class 'tuple'>
```

SHELL

- ▶ Vraiment tous les éléments

```
>>> root = tk.Tk()
>>> type(root)
<class 'tkinter.Tk'>
>>> type(print("Coucou"))
Coucou
<class 'NoneType'>
>>> type(type(3))
<class 'type'>
```

SHELL

- ▶ En Python, les types sont appelés classes.
- ▶ Python est un langage objet.

- ▶ Créons notre propre type.
- ▶ Nous voulons créer un type `Étudiant`
- ▶ Chaque étudiant possède plusieurs caractéristiques
 - ▶ Nom
 - ▶ Prénom
 - ▶ numéro d'étudiant
 - ▶ etc.
- ▶ Nous voulons définir un certain nombre de fonction pour ce type.
 - ▶ Par exemple afficher le mail

- ▶ Le premier réflexe serait d'utiliser des uplets.

```
étudiant1 = ('Nicolas', 'Bourbaki')
étudiant2 = ('Albert', 'Mousquetaire')

def mail(étudiant):
    (prénom,nom)=étudiant
    return prénom + '.' + nom + '@etu.univ-cotedazur.fr'
```

SCRIPT

```
>>>
```

SHELL

- ▶ Mais si on souhaite ajouter des informations, il faut réécrire toutes les fonctions.

- ▶ Le premier réflexe serait d'utiliser des uplets.

```
étudiant1 = ('Nicolas', 'Bourbaki')
étudiant2 = ('Albert', 'Mousquetaire')

def mail(étudiant):
    (prénom,nom)=étudiant
    return prénom + '.' + nom + '@etu.univ-cotedazur.fr'
```

SCRIPT

```
>>> mail(étudiant1)
```

SHELL

- ▶ Mais si on souhaite ajouter des informations, il faut réécrire toutes les fonctions.

- ▶ Le premier réflexe serait d'utiliser des uplets.

```
étudiant1 = ('Nicolas', 'Bourbaki')
étudiant2 = ('Albert', 'Mousquetaire')

def mail(étudiant):
    (prénom,nom)=étudiant
    return prénom + '.' + nom + '@etu.univ-cotedazur.fr'
```

SCRIPT

```
>>> mail(étudiant1)
'Nicolas.Bourbaki@etu.univ-cotedazur.fr'
```

SHELL

- ▶ Mais si on souhaite ajouter des informations, il faut réécrire toutes les fonctions.

```
étudiant1 = ('nb655957', 'Nicolas', 'Bourbaki')
étudiant2 = ('am314151', 'Albert', 'Mousquetaire')

def mail(étudiant):
    (id,prénom,nom)=étudiant # ligne modifiée
    return prénom + '.' + nom + '@etu.univ-cotedazur.fr'
```

SCRIPT

- ▶ On va plutôt créer une classe Étudiant

SCRIPT

```
class Étudiant:

    def __init__(self, id, prénom, nom):
        print("Création d'un nouvel étudiant")
        self.id = id
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

# On n'est plus dans la classe
def mail(quelqu_un):
    p = quelqu_un.prénom
    n = quelqu_un.nom
    return p + '.' + n + '@etu.univ-cotedazur.fr'
```

- ▶ L'utilisation est plutôt simple.

SHELL

```
>>>
```

- ▶ On va plutôt créer une classe Étudiant

SCRIPT

```
class Étudiant:

    def __init__(self, id, prénom, nom):
        print("Création d'un nouvel étudiant")
        self.id = id
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

# On n'est plus dans la classe
    def mail(quelqu_un):
        p = quelqu_un.prénom
        n = quelqu_un.nom
        return p + '.' + n + '@etu.univ-cotedazur.fr'
```

- ▶ L'utilisation est plutôt simple.

SHELL

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicoca', 'Bourbaki')
```

- ▶ On va plutôt créer une classe Étudiant

SCRIPT

```
class Étudiant:

    def __init__(self, id, prénom, nom):
        print("Création d'un nouvel étudiant")
        self.id = id
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

# On n'est plus dans la classe
    def mail(quelqu_un):
        p = quelqu_un.prénom
        n = quelqu_un.nom
        return p + '.' + n + '@etu.univ-cotedazur.fr'
```

- ▶ L'utilisation est plutôt simple.

SHELL

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicoca', 'Bourbaki')
Création d'un nouvel étudiant
>>>
```

- ▶ On va plutôt créer une classe Étudiant

SCRIPT

```
class Étudiant:

    def __init__(self, id, prénom, nom):
        print("Création d'un nouvel étudiant")
        self.id = id
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

# On n'est plus dans la classe
    def mail(quelqu_un):
        p = quelqu_un.prénom
        n = quelqu_un.nom
        return p + '.' + n + '@etu.univ-cotedazur.fr'
```

- ▶ L'utilisation est plutôt simple.

SHELL

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicoca', 'Bourbaki')
Création d'un nouvel étudiant
>>> mail(nico)
```

- ▶ On va plutôt créer une classe Étudiant

```
class Étudiant:
    def __init__(self, id, prénom, nom):
        print("Création d'un nouvel étudiant")
        self.id = id
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

# On n'est plus dans la classe
def mail(quelqu_un):
    p = quelqu_un.prénom
    n = quelqu_un.nom
    return p + '.' + n + '@etu.univ-cotedazur.fr'
```

SCRIPT

- ▶ L'utilisation est plutôt simple.

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicoca', 'Bourbaki')
Création d'un nouvel étudiant
>>> mail(nico)
'Nicoca.Bourbaki@etu.univ-cotedazur.fr'
>>>
```

SHELL

- ▶ On va plutôt créer une classe Étudiant

SCRIPT

```
class Étudiant:

    def __init__(self, id, prénom, nom):
        print("Création d'un nouvel étudiant")
        self.id = id
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

# On n'est plus dans la classe
def mail(quelqu_un):
    p = quelqu_un.prénom
    n = quelqu_un.nom
    return p + '.' + n + '@etu.univ-cotedazur.fr'
```

- ▶ L'utilisation est plutôt simple.

SHELL

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicoca', 'Bourbaki')
Création d'un nouvel étudiant
>>> mail(nico)
'Nicoca.Bourbaki@etu.univ-cotedazur.fr'
>>> nico.prénom='Nicolas'
```

- ▶ On va plutôt créer une classe Étudiant

SCRIPT

```
class Étudiant:

    def __init__(self, id, prénom, nom):
        print("Création d'un nouvel étudiant")
        self.id = id
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

# On n'est plus dans la classe
def mail(quelqu_un):
    p = quelqu_un.prénom
    n = quelqu_un.nom
    return p + '.' + n + '@etu.univ-cotedazur.fr'
```

- ▶ L'utilisation est plutôt simple.

SHELL

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicoca', 'Bourbaki')
Création d'un nouvel étudiant
>>> mail(nico)
'Nicoca.Bourbaki@etu.univ-cotedazur.fr'
>>> nico.prénom='Nicolas'
>>>
```

- ▶ On va plutôt créer une classe Étudiant

```
class Étudiant:
    def __init__(self, id, prénom, nom):
        print("Création d'un nouvel étudiant")
        self.id = id
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

# On n'est plus dans la classe
def mail(quelqu_un):
    p = quelqu_un.prénom
    n = quelqu_un.nom
    return p + '.' + n + '@etu.univ-cotedazur.fr'
```

SCRIPT

- ▶ L'utilisation est plutôt simple.

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicoca', 'Bourbaki')
Création d'un nouvel étudiant
>>> mail(nico)
'Nicoca.Bourbaki@etu.univ-cotedazur.fr'
>>> nico.prénom='Nicolas'
>>> mail(nico)
```

SHELL

- ▶ On va plutôt créer une classe Étudiant

```
class Étudiant:
    def __init__(self, id, prénom, nom):
        print("Création d'un nouvel étudiant")
        self.id = id
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

# On n'est plus dans la classe
def mail(quelqu_un):
    p = quelqu_un.prénom
    n = quelqu_un.nom
    return p + '.' + n + '@etu.univ-cotedazur.fr'
```

SCRIPT

- ▶ L'utilisation est plutôt simple.

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicoca', 'Bourbaki')
Création d'un nouvel étudiant
>>> mail(nico)
'Nicoca.Bourbaki@etu.univ-cotedazur.fr'
>>> nico.prénom='Nicolas'
>>> mail(nico)
'Nicolas.Bourbaki@etu.univ-cotedazur.fr'
```

SHELL

- ▶ Une **classe** est un type (ici **Étudiant**)
- ▶ les éléments d'une classe sont appelés **objets**
- ▶ Un objet contient des variables : les **attributs**.
 - ▶ Ici il y a deux attributs prénom et nom

```
class Étudiant:
    def __init__(self, prénom, nom):
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

    def courriel(self):
        domaine = '@etu.univ-cotedazur.fr'
        return self.prénom + '.' + self.nom + domaine
```

SCRIPT

- ▶ Une **classe** est un type (ici **Étudiant**)
- ▶ les éléments d'une classe sont appelés **objets**
- ▶ Un objet contient des variables : les **attributs**.
 - ▶ Ici il y a deux attributs prénom et nom

SCRIPT

```
class Étudiant:
    def __init__(self, prénom, nom):
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

    def courriel(self):
        domaine = '@etu.univ-cotedazur.fr'
        return self.prénom + '.' + self.nom + domaine
```

- ▶ Lors de la définition de la classe, ils sont précédés de **self**.

- ▶ Une **classe** est un type (ici **Étudiant**)
- ▶ les éléments d'une classe sont appelés **objets**
- ▶ Un objet contient des variables : les **attributs**.
 - ▶ Ici il y a deux attributs prénom et nom

```
class Étudiant:
    def __init__(self, prénom, nom):
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

    def courriel(self):
        domaine = '@etu.univ-cotedazur.fr'
        return self.prénom + '.' + self.nom + domaine
```

SCRIPT

- ▶ Lors de la définition de la classe, ils sont précédés de **self**.
- ▶ En dehors de la classe, ils sont précédés du nom de l'objet

>>>

SHELL

- ▶ Une **classe** est un type (ici **Étudiant**)
- ▶ les éléments d'une classe sont appelés **objets**
- ▶ Un objet contient des variables : les **attributs**.
 - ▶ Ici il y a deux attributs prénom et nom

```
class Étudiant:
    def __init__(self, prénom, nom):
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

    def courriel(self):
        domaine = '@etu.univ-cotedazur.fr'
        return self.prénom + '.' + self.nom + domaine
```

SCRIPT

- ▶ Lors de la définition de la classe, ils sont précédés de **self**.
- ▶ En dehors de la classe, ils sont précédés du nom de l'objet

```
>>> nico=Étudiant('Nicolas', 'Bourbaki') # nico : objet
```

SHELL

- ▶ Une **classe** est un type (ici **Étudiant**)
- ▶ les éléments d'une classe sont appelés **objets**
- ▶ Un objet contient des variables : les **attributs**.
 - ▶ Ici il y a deux attributs prénom et nom

```
class Étudiant:
    def __init__(self, prénom, nom):
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

    def courriel(self):
        domaine = '@etu.univ-cotedazur.fr'
        return self.prénom + '.' + self.nom + domaine
```

SCRIPT

- ▶ Lors de la définition de la classe, ils sont précédés de **self**.
- ▶ En dehors de la classe, ils sont précédés du nom de l'objet

```
>>> nico=Étudiant('Nicolas', 'Bourbaki') # nico : objet
>>>
```

SHELL

- ▶ Une **classe** est un type (ici **Étudiant**)
- ▶ les éléments d'une classe sont appelés **objets**
- ▶ Un objet contient des variables : les **attributs**.
 - ▶ Ici il y a deux attributs prénom et nom

```
class Étudiant:
    def __init__(self, prénom, nom):
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

    def courriel(self):
        domaine = '@etu.univ-cotedazur.fr'
        return self.prénom + '.' + self.nom + domaine
```

SCRIPT

- ▶ Lors de la définition de la classe, ils sont précédés de **self**.
- ▶ En dehors de la classe, ils sont précédés du nom de l'objet

```
>>> nico=Étudiant('Nicolas', 'Bourbaki') # nico : objet
>>> nico.nom # nom : attribut de nico
```

SHELL

- ▶ Une **classe** est un type (ici **Étudiant**)
- ▶ les éléments d'une classe sont appelés **objets**
- ▶ Un objet contient des variables : les **attributs**.
 - ▶ Ici il y a deux attributs prénom et nom

```
class Étudiant:
    def __init__(self, prénom, nom):
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

    def courriel(self):
        domaine = '@etu.univ-cotedazur.fr'
        return self.prénom + '.' + self.nom + domaine
```

SCRIPT

- ▶ Lors de la définition de la classe, ils sont précédés de **self**.
- ▶ En dehors de la classe, ils sont précédés du nom de l'objet

```
>>> nico=Étudiant('Nicolas', 'Bourbaki') # nico : objet
>>> nico.nom # nom : attribut de nico
'Bourbaki'
```

SHELL

- ▶ On appelle **méthode** une fonction définie dans une classe.

SCRIPT

```
class Étudiant:
    def __init__(self, prénom, nom): # Première méthode
        print("Création d'un objet de la classe Étudiant")
        self.prénom = prénom ; self.nom = nom

    def courriel(self, domaine): # Seconde méthode
        return self.prénom + '.' + self.nom + domaine
```

- ▶ On appelle **méthode** une fonction définie dans une classe.

```
class Étudiant:
    def __init__(self, prénom, nom): # Première méthode
        print("Création d'un objet de la classe Étudiant")
        self.prénom = prénom ; self.nom = nom

    def courriel(self, domaine): # Seconde méthode
        return self.prénom + '.' + self.nom + domaine
```

SCRIPT

- ▶ `__init__` : méthode particulière appelée lors de la création de l'objet

```
>>>
```

SHELL

- ▶ On appelle **méthode** une fonction définie dans une classe.

```
class Étudiant:
    def __init__(self, prénom, nom): # Première méthode
        print("Création d'un objet de la classe Étudiant")
        self.prénom = prénom ; self.nom = nom

    def courriel(self, domaine): # Seconde méthode
        return self.prénom + '.' + self.nom + domaine
```

SCRIPT

- ▶ `__init__` : méthode particulière appelée lors de la création de l'objet

```
>>> nico=Étudiant('Nicolas', 'Bourbaki')
```

SHELL

- ▶ On appelle **méthode** une fonction définie dans une classe.

```
class Étudiant:
    def __init__(self, prénom, nom): # Première méthode
        print("Création d'un objet de la classe Étudiant")
        self.prénom = prénom ; self.nom = nom

    def courriel(self, domaine): # Seconde méthode
        return self.prénom + '.' + self.nom + domaine
```

SCRIPT

- ▶ `__init__` : méthode particulière appelée lors de la création de l'objet

```
>>> nico=Étudiant('Nicolas', 'Bourbaki')
Création d'un objet de la classe Étudiant
```

SHELL

- ▶ On appelle **méthode** une fonction définie dans une classe.

```
class Étudiant:
    def __init__(self, prénom, nom): # Première méthode
        print("Création d'un objet de la classe Étudiant")
        self.prénom = prénom ; self.nom = nom

    def courriel(self, domaine): # Seconde méthode
        return self.prénom + '.' + self.nom + domaine
```

SCRIPT

- ▶ `__init__` : méthode particulière appelée lors de la création de l'objet

```
>>> nico=Étudiant('Nicolas', 'Bourbaki')
Création d'un objet de la classe Étudiant
```

SHELL

- ▶ Lors de leur définition, le premier argument est toujours `self`
 - ▶ `self` représente l'objet
 - ▶ L'appel de méthode se fait après le nom de l'objet : `nico.courriel(...)`
 - ▶ Les méthodes sont appelées sans l'argument `self`

```
>>>
```

SHELL

- ▶ On appelle **méthode** une fonction définie dans une classe.

```
class Étudiant:
    def __init__(self, prénom, nom): # Première méthode
        print("Création d'un objet de la classe Étudiant")
        self.prénom = prénom ; self.nom = nom

    def courriel(self, domaine): # Seconde méthode
        return self.prénom + '.' + self.nom + domaine
```

SCRIPT

- ▶ `__init__` : méthode particulière appelée lors de la création de l'objet

```
>>> nico=Étudiant('Nicolas', 'Bourbaki')
Création d'un objet de la classe Étudiant
```

SHELL

- ▶ Lors de leur définition, le premier argument est toujours `self`
 - ▶ `self` représente l'objet
 - ▶ L'appel de méthode se fait après le nom de l'objet : `nico.courriel(...)`
 - ▶ Les méthodes sont appelées sans l'argument `self`

```
>>> nico.courriel('@etu.univ-cotedazur.fr')
```

SHELL

- ▶ On appelle **méthode** une fonction définie dans une classe.

```
class Étudiant:
    def __init__(self, prénom, nom): # Première méthode
        print("Création d'un objet de la classe Étudiant")
        self.prénom = prénom ; self.nom = nom

    def courriel(self, domaine): # Seconde méthode
        return self.prénom + '.' + self.nom + domaine
```

SCRIPT

- ▶ `__init__` : méthode particulière appelée lors de la création de l'objet

```
>>> nico=Étudiant('Nicolas', 'Bourbaki')
Création d'un objet de la classe Étudiant
```

SHELL

- ▶ Lors de leur définition, le premier argument est toujours `self`
 - ▶ `self` représente l'objet
 - ▶ L'appel de méthode se fait après le nom de l'objet : `nico.courriel(...)`
 - ▶ Les méthodes sont appelées sans l'argument `self`

```
>>> nico.courriel('@etu.univ-cotedazur.fr')
'Nicolas.Bourbaki@etu.univ-cotedazur.fr'
```

SHELL

- Sur le même modèle créons une classe Enseignant

SCRIPT

```
class Étudiant:
    def __init__(self, id, prénom, nom):
        self.id = id
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

    def courriel(self):
        domaine = '@etu.univ-cotedazur.fr'
        return self.prénom + '.' + self.nom + domaine

class Enseignant:
    def __init__(self, id, prénom, nom):
        self.id = id
        self.prénom = prénom
        self.nom = nom

    def courriel(self):
        domaine = '@univ-cotedazur.fr'
        return self.prénom + '.' + self.nom + domaine
```


- ▶ Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

```
>>>
```

SHELL

- ▶ Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicolas', 'Bourbaki')
```

SHELL

- ▶ Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicolas', 'Bourbaki')  
>>>
```

SHELL

- ▶ Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicolas', 'Bourbaki')  
>>> moi = Enseignant('obaldellon', 'Olivier', 'Baldellon')
```

SHELL

- ▶ Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicolas', 'Bourbaki')
>>> moi = Enseignant('obaldellon', 'Olivier', 'Baldellon')
>>>
```

SHELL

- ▶ Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicolas', 'Bourbaki')
>>> moi = Enseignant('obaldellon', 'Olivier', 'Baldellon')
>>> type(moi)
```

SHELL

- ▶ Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

SHELL

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicolas', 'Bourbaki')
>>> moi = Enseignant('obaldellon', 'Olivier', 'Baldellon')
>>> type(moi)
<class '__console__.Enseignant'>
>>>
```

- ▶ Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

SHELL

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicolas', 'Bourbaki')
>>> moi = Enseignant('obaldellon', 'Olivier', 'Baldellon')
>>> type(moi)
<class '__console__.Enseignant'>
>>> type(nico)
```


- ▶ Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

SHELL

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicolas', 'Bourbaki')
>>> moi = Enseignant('obaldellon', 'Olivier', 'Baldellon')
>>> type(moi)
<class '__console__.Enseignant'>
>>> type(nico)
<class '__console__.Étudiant'>
```

- ▶ nico et moi ne sommes pas du même type.

- ▶ Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicolas', 'Bourbaki')
>>> moi = Enseignant('obaldellon', 'Olivier', 'Baldellon')
>>> type(moi)
<class '__console__.Enseignant'>
>>> type(nico)
<class '__console__.Étudiant'>
```

SHELL

- ▶ nico et moi ne sommes pas du même type.
- ▶ Et pourtant l'utilisateur utilise la même méthode.

```
>>> print(moi.courriel()) ; print(nico.courriel())
```

SHELL

- ▶ Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicolas', 'Bourbaki')
>>> moi = Enseignant('obaldellon', 'Olivier', 'Baldellon')
>>> type(moi)
<class '__console__.Enseignant'>
>>> type(nico)
<class '__console__.Étudiant'>
```

SHELL

- ▶ nico et moi ne sommes pas du même type.
- ▶ Et pourtant l'utilisateur utilise la même méthode.

```
>>> print(moi.courriel()) ; print(nico.courriel())
Olivier.Baldellon@univ-cotedazur.fr
Nicolas.Bourbaki@etu.univ-cotedazur.fr
```

SHELL

- ▶ Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicolas', 'Bourbaki')
>>> moi = Enseignant('obaldellon', 'Olivier', 'Baldellon')
>>> type(moi)
<class '__console__.Enseignant'>
>>> type(nico)
<class '__console__.Étudiant'>
```

SHELL

- ▶ nico et moi ne sommes pas du même type.
- ▶ Et pourtant l'utilisateur utilise la même méthode.

```
>>> print(moi.courriel()) ; print(nico.courriel())
Olivier.Baldellon@univ-cotedazur.fr
Nicolas.Bourbaki@etu.univ-cotedazur.fr
```

SHELL

La même ? Pas tout à fait.

- ▶ même nom
- ▶ mais ce sont bien deux méthodes distinctes
- ▶ permet le polymorphisme (code fonctionnant avec différents types)

- ▶ Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

```
>>> nico = Étudiant('nb655957', 'Nicolas', 'Bourbaki')
>>> moi = Enseignant('obaldellon', 'Olivier', 'Baldellon')
>>> type(moi)
<class '__console__.Enseignant'>
>>> type(nico)
<class '__console__.Étudiant'>
```

SHELL

- ▶ nico et moi ne sommes pas du même type.
- ▶ Et pourtant l'utilisateur utilise la même méthode.

```
>>> print(moi.courriel()) ; print(nico.courriel())
Olivier.Baldellon@univ-cotedazur.fr
Nicolas.Bourbaki@etu.univ-cotedazur.fr
```

SHELL

La même ? Pas tout à fait.

- ▶ même nom
 - ▶ mais ce sont bien deux méthodes distinctes
 - ▶ permet le polymorphisme (code fonctionnant avec différents types)
- ▶ Difficile de faire du polymorphisme avec des fonctions classiques.

- Partie I. Géométrie cartésienne
- Partie II. Couleurs et tuples
- Partie III. Variables locales/globales
- Partie IV. Dessiner avec Tk
- Partie V. Algorithmes de tracer de figure
- Partie VI. Créer son propre type
- Partie VII. Exemples
- Partie VIII. Table des matières

- ▶ Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
 - ▶ Pratique et efficace
 - ▶ Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.

- ▶ Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
 - ▶ Pratique et efficace
 - ▶ Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- ▶ On veut se déplacer de manière relative :
 - ▶ Avancer, Reculer
 - ▶ Tourner à gauche ou à droite

- ▶ Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
 - ▶ Pratique et efficace
 - ▶ Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- ▶ On veut se déplacer de manière relative :
 - ▶ Avancer, Reculer
 - ▶ Tourner à gauche ou à droite
- ▶ Correspond historiquement à la bibliothèque Turtle.

- ▶ Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
 - ▶ Pratique et efficace
 - ▶ Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- ▶ On veut se déplacer de manière relative :
 - ▶ Avancer, Reculer
 - ▶ Tourner à gauche ou à droite
- ▶ Correspond historiquement à la bibliothèque Turtle.
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance

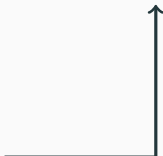
- ▶ Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
 - ▶ Pratique et efficace
 - ▶ Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- ▶ On veut se déplacer de manière relative :
 - ▶ Avancer, Reculer
 - ▶ Tourner à gauche ou à droite
- ▶ Correspond historiquement à la bibliothèque Turtle.
 - ▶ **Avance**
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance



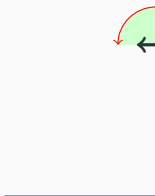
- ▶ Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
 - ▶ Pratique et efficace
 - ▶ Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- ▶ On veut se déplacer de manière relative :
 - ▶ Avancer, Reculer
 - ▶ Tourner à gauche ou à droite
- ▶ Correspond historiquement à la bibliothèque Turtle.
 - ▶ Avance
 - ▶ **Tourne de 90°**
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance



- ▶ Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
 - ▶ Pratique et efficace
 - ▶ Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- ▶ On veut se déplacer de manière relative :
 - ▶ Avancer, Reculer
 - ▶ Tourner à gauche ou à droite
- ▶ Correspond historiquement à la bibliothèque Turtle.
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ **Avance**
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance



- ▶ Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
 - ▶ Pratique et efficace
 - ▶ Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- ▶ On veut se déplacer de manière relative :
 - ▶ Avancer, Reculer
 - ▶ Tourner à gauche ou à droite
- ▶ Correspond historiquement à la bibliothèque Turtle.
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance
 - ▶ **Tourne de 90°**
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance



- ▶ Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
 - ▶ Pratique et efficace
 - ▶ Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- ▶ On veut se déplacer de manière relative :
 - ▶ Avancer, Reculer
 - ▶ Tourner à gauche ou à droite
- ▶ Correspond historiquement à la bibliothèque Turtle.
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ **Avance**
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance



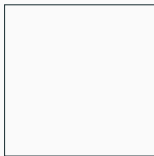
- ▶ Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
 - ▶ Pratique et efficace
 - ▶ Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- ▶ On veut se déplacer de manière relative :
 - ▶ Avancer, Reculer
 - ▶ Tourner à gauche ou à droite
- ▶ Correspond historiquement à la bibliothèque Turtle.
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance
 - ▶ **Tourne de 90°**
 - ▶ Avance



- ▶ Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
 - ▶ Pratique et efficace
 - ▶ Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- ▶ On veut se déplacer de manière relative :
 - ▶ Avancer, Reculer
 - ▶ Tourner à gauche ou à droite
- ▶ Correspond historiquement à la bibliothèque Turtle.
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ **Avance**



- ▶ Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
 - ▶ Pratique et efficace
 - ▶ Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- ▶ On veut se déplacer de manière relative :
 - ▶ Avancer, Reculer
 - ▶ Tourner à gauche ou à droite
- ▶ Correspond historiquement à la bibliothèque Turtle.
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance
 - ▶ Tourne de 90°
 - ▶ Avance



SCRIPT

```
from math import cos, sin, pi

class Crayon:

    def __init__(self, canvas):
        self.x = 0 ; self.y = 0 ; self.a = 0 # angle
        self.couleur = 'black'
        self.cv = canvas

    def déplace(self, p):
        (self.x, self.y) = p

    def avance(self, r):
        p = (self.x, self.y)
        self.x = self.x + r*cos(self.a)
        self.y = self.y + r*sin(self.a)
        q = (self.x, self.y)
        self.cv.create_line(p, q, fill=self.couleur)

    def tourne(self, alpha):
        # On convertit alpha des degrés aux radians
        # On prend l'opposé, pour garder le même sens
        #   qu'en math (sens trigo et non horaire).
        self.a = self.a - 2*pi*alpha/360
```

La suite (K_n) des courbes de Koch de base T est construite de proche en proche (par récurrence).

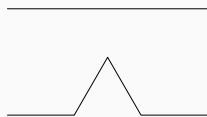
La suite (K_n) des courbes de Koch de base T est construite de proche en proche (par récurrence).

- ▶ K_0 est un segment de longueur T .



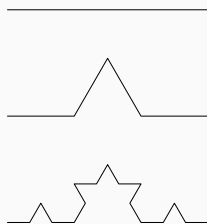
La suite (K_n) des courbes de Koch de base T est construite de proche en proche (par récurrence).

- ▶ K_0 est un segment de longueur T .
- ▶ K_1 est obtenue par chirurgie à partir de K_0 .



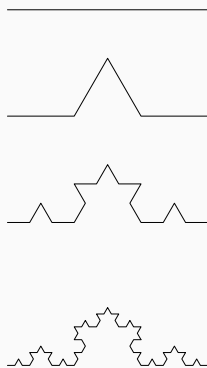
La suite (K_n) des courbes de Koch de base T est construite de proche en proche (par récurrence).

- ▶ K_0 est un segment de longueur T .
- ▶ K_1 est obtenue par chirurgie à partir de K_0 .
- ▶ K_2 est obtenue par la même chirurgie appliquée à chaque côté de K_1 .



La suite (K_n) des courbes de Koch de base T est construite de proche en proche (par récurrence).

- ▶ K_0 est un segment de longueur T .
- ▶ K_1 est obtenue par chirurgie à partir de K_0 .
- ▶ K_2 est obtenue par la même chirurgie appliquée à chaque côté de K_1 .
- ▶ K_3 est obtenue par la même chirurgie appliquée à chaque côté de K_2 .



La suite (K_n) des courbes de Koch de base T est construite de proche en proche (par récurrence).

- ▶ K_0 est un segment de longueur T .
- ▶ K_1 est obtenue par chirurgie à partir de K_0 .
- ▶ K_2 est obtenue par la même chirurgie appliquée à chaque côté de K_1 .
- ▶ K_3 est obtenue par la même chirurgie appliquée à chaque côté de K_2 .
- ▶ À chaque étape, tous les segments ont la même longueur.



- ▶ Mathématiquement, la courbe K_n s'obtient comme assemblage de quatre courbes K_{n-1} . On peut donc la dessiner par **récurrence** sur n .

```
def koch(n, T):  
    """ approximant de la courbe  
    de Koch de niveau n et de  
    base T """  
    if n == 0:  
        crayon.avance(T)  
    else:  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(60)  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(-120)  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(60)  
        koch(n - 1, T / 3)
```

SCRIPT



- ▶ La courbe de Koch K est la limite des courbes K_n quand $n \rightarrow \infty$.
- ▶ Découverte en 1904 par le mathématicien suédois Helge von Koch. La courbe K est fractale, continue, mais sans tangente en aucun point.

- ▶ Mathématiquement, la courbe K_n s'obtient comme assemblage de quatre courbes K_{n-1} . On peut donc la dessiner par **récurrence** sur n .

```
def koch(n, T):  
    """ approximant de la courbe  
    de Koch de niveau n et de  
    base T """  
    if n == 0:  
        crayon.avance(T)  
    else:  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(60)  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(-120)  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(60)  
        koch(n - 1, T / 3)
```

SCRIPT



- ▶ La courbe de Koch K est la limite des courbes K_n quand $n \rightarrow \infty$.
- ▶ Découverte en 1904 par le mathématicien suédois Helge von Koch. La courbe K est fractale, continue, mais sans tangente en aucun point.

- ▶ Mathématiquement, la courbe K_n s'obtient comme assemblage de quatre courbes K_{n-1} . On peut donc la dessiner par **récurrence** sur n .

```
def koch(n, T):  
    """ approximant de la courbe  
    de Koch de niveau n et de  
    base T """  
    if n == 0:  
        crayon.avance(T)  
    else:  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(60)  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(-120)  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(60)  
        koch(n - 1, T / 3)
```

SCRIPT



- ▶ La courbe de Koch K est la limite des courbes K_n quand $n \rightarrow \infty$.
- ▶ Découverte en 1904 par le mathématicien suédois Helge von Koch. La courbe K est fractale, continue, mais sans tangente en aucun point.

- ▶ Mathématiquement, la courbe K_n s'obtient comme assemblage de quatre courbes K_{n-1} . On peut donc la dessiner par **récurrence** sur n .

```
def koch(n, T):  
    """ approximant de la courbe  
    de Koch de niveau n et de  
    base T """  
    if n == 0:  
        crayon.avance(T)  
    else:  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(60)  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(-120)  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(60)  
        koch(n - 1, T / 3)
```

SCRIPT

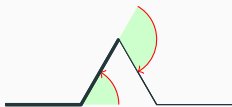


- ▶ La courbe de Koch K est la limite des courbes K_n quand $n \rightarrow \infty$.
- ▶ Découverte en 1904 par le mathématicien suédois Helge von Koch. La courbe K est fractale, continue, mais sans tangente en aucun point.

- ▶ Mathématiquement, la courbe K_n s'obtient comme assemblage de quatre courbes K_{n-1} . On peut donc la dessiner par **récurrence** sur n .

```
def koch(n, T):  
    """ approximant de la courbe  
    de Koch de niveau n et de  
    base T """  
    if n == 0:  
        crayon.avance(T)  
    else:  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(60)  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(-120)  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(60)  
        koch(n - 1, T / 3)
```

SCRIPT



- ▶ La courbe de Koch K est la limite des courbes K_n quand $n \rightarrow \infty$.
- ▶ Découverte en 1904 par le mathématicien suédois Helge von Koch. La courbe K est fractale, continue, mais sans tangente en aucun point.

- ▶ Mathématiquement, la courbe K_n s'obtient comme assemblage de quatre courbes K_{n-1} . On peut donc la dessiner par **récurrence** sur n .

```
def koch(n, T):  
    """ approximant de la courbe  
    de Koch de niveau n et de  
    base T """  
    if n == 0:  
        crayon.avance(T)  
    else:  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(60)  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(-120)  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(60)  
        koch(n - 1, T / 3)
```

SCRIPT

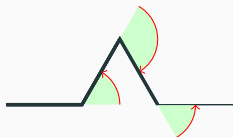


- ▶ La courbe de Koch K est la limite des courbes K_n quand $n \rightarrow \infty$.
- ▶ Découverte en 1904 par le mathématicien suédois Helge von Koch. La courbe K est fractale, continue, mais sans tangente en aucun point.

- ▶ Mathématiquement, la courbe K_n s'obtient comme assemblage de quatre courbes K_{n-1} . On peut donc la dessiner par **récurrence** sur n .

```
def koch(n, T):
    """ approximant de la courbe
    de Koch de niveau n et de
    base T """
    if n == 0:
        crayon.avance(T)
    else:
        koch(n - 1, T / 3)
        crayon.tourne(60)
        koch(n - 1, T / 3)
        crayon.tourne(-120)
        koch(n - 1, T / 3)
        crayon.tourne(60)
        koch(n - 1, T / 3)
```

SCRIPT

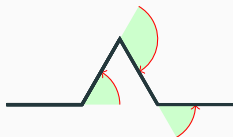


- ▶ La courbe de Koch K est la limite des courbes K_n quand $n \rightarrow \infty$.
- ▶ Découverte en 1904 par le mathématicien suédois Helge von Koch. La courbe K est fractale, continue, mais sans tangente en aucun point.

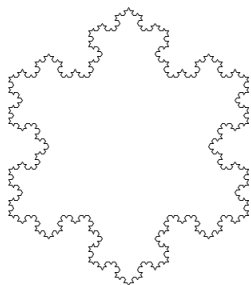
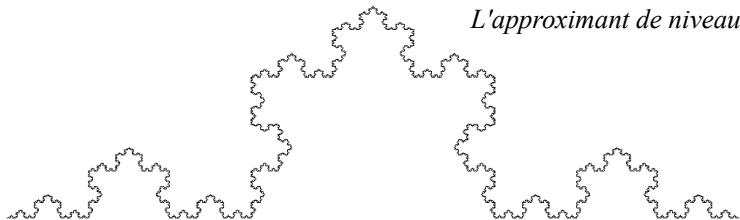
- ▶ Mathématiquement, la courbe K_n s'obtient comme assemblage de quatre courbes K_{n-1} . On peut donc la dessiner par **récurrence** sur n .

```
def koch(n, T):  
    """ approximant de la courbe  
    de Koch de niveau n et de  
    base T """  
    if n == 0:  
        crayon.avance(T)  
    else:  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(60)  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(-120)  
        koch(n - 1, T / 3)  
        crayon.tourne(60)  
        koch(n - 1, T / 3)
```

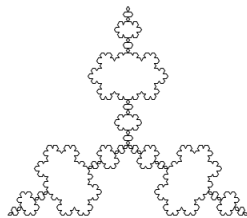
SCRIPT



- ▶ La courbe de Koch K est la limite des courbes K_n quand $n \rightarrow \infty$.
- ▶ Découverte en 1904 par le mathématicien suédois Helge von Koch. La courbe K est fractale, continue, mais sans tangente en aucun point.



Le flocon de Von Koch

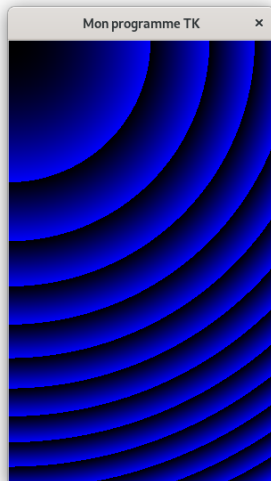


L'antiflocon

- ▶ On souhaite parfois tracer une figure pixel par pixel.
 - ▶ On peut facilement créer une fonction `pixel`.
 - ▶ Permet de faire de jolis dégradés!

```
def couleur(r,g,b):  
    d = '0123456789ABCDEF'  
    rr = d[r//16]+d[r%16]  
    gg = d[g//16]+d[g%16]  
    bb = d[b//16]+d[b%16]  
    return '#' + rr + gg + bb  
  
def pixel(x,y,R,G,B):  
    c = couleur(R,G,B)  
    p = (x,y)  
    # Un pixel est un petit rectangle de côté 1  
    Dessin.create_rectangle(p,p,fill=c,outline='')  
  
for i in range(0,300,1): # pour chaque colonne  
    for j in range(0,500,1): # pour chaque ligne  
        b = ((i**2+j**2)//100)%256  
        # La clarté du bleu est proportionnelle  
        # au carré de la distance à l'origine.  
        # Et le tout modulo 256.  
        pixel(i,j,0,0,b)
```

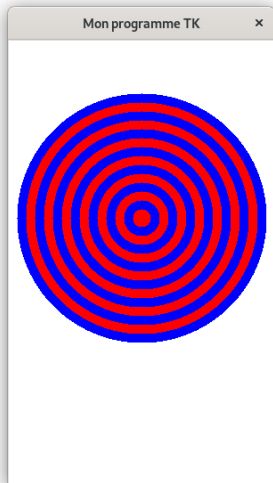
SCRIPT



- ▶ On commence à tracer le grand disque extérieur bleu ;
- ▶ on continue avec le grand disque rouge intérieur ;
- ▶ et on répète avec des disques de plus en plus petits.

```
for i in range(13,0,-1):  
    if i%2==1:  
        couleur='blue'  
    else:  
        couleur='red'  
    disque(150, 200, 10*i, couleur)
```

SCRIPT



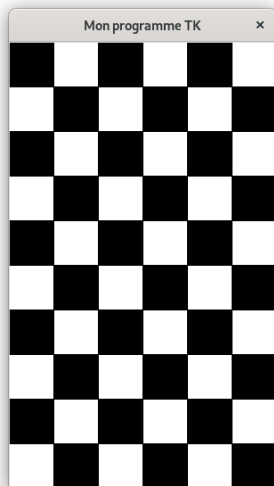
- ▶ Deux systèmes de coordonnées :
 - ▶ (x, y) correspond aux pixels
 - ▶ (i, j) correspond aux carrés de 50 pixels de côté
- ▶ Le carré noir $(i, j) = (3, 1)$: 4^e colonne, 2nd ligne
 - ▶ En posant $(x, y) = (3*c, 1*c)$
 - ▶ (x, y) correspond au coin supérieur gauche
 - ▶ $(x+c, y+c)$ correspond au coin inférieur droit
- ▶ Les cases noires sont celles vérifiant : $i+j$ est pair

```
c=50 # Côté d'une case en pixels

def case(i,j):
    (x,y) = (c*i,c*j)
    p=(x,y)
    q=(x+c,x+c)
    Dessin.create_rectangle(p,q,fill='black')

for i in range(0,Largeur//c):
    for j in range(0,Hauteur//c):
        if (i+j)%2==0:
            case(i,j)
```

SCRIPT



Merci pour votre attention

Questions



Cours 4 — Graphismes, objets et variables globales

🍃 Partie I. Géométrie cartésienne

Les coordonnées en informatique

Écrire une fonction de traduction

Équations de droite et de cercle

🍃 Partie II. Couleurs et tuples

Le système RGB

Les tuples, un type composé

Mélangeons les couleurs

🔗 Application

🍃 Partie III. Variables locales/globales

Variables locales

Variables globales

Fonctions locales

Procédures et fonctions

🍃 Partie IV. Dessiner avec Tk

Qu'est-ce donc ?

Mon premier programme

Tracer des segments

Tracer des segments moins moches

Tracer des ellipses et des rectangles

Écrire sa propre fonction de tracer de cercle

Les couleurs sous Tk

🔗 Exercices sur les Couleurs

Afficher un texte

Résumé

Pour aller plus loin

🍃 Partie V. Algorithmes de tracer de figure

Tracer une fonction

Tracer une fonction (complet)

Courbes paramétriques

Tracer des cercles

Tracer des polygones

Polygones et cercle

🍃 Partie VI. Créer son propre type

Rappel : les types en Python

Un premier exemple : les étudiants

Tentative avec des tuples

Créer un nouveau type

Classe : vocabulaire

Classes et attributs : vocabulaire

Au tour des enseignants !

Classes et méthodes

🍃 Partie VII. Exemples

Une tortue géomètre

La tortue et le Python

La courbe fractale de Koch

Fractale en Python

🔗 Défis !

Exemple 1 : tracer de pixels

Exemple 2 : tracer une cible

Exemple 3 : tracer un échiquier

🍃 Partie VIII. Table des matières