# Base de l'informatique 1

## Cours 5. Graphismes, objets et variables globales

Olivier Baldellon

Courriel : prénom.nom@univ-cotedazur.fr

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

Licence 1 — Faculté des sciences et ingénierie de Nice — Université Côte d'Azur

# Remarques

- La semaine prochaine : pause pédagogique.

# Remarques

- La semaine prochaine : pause pédagogique.
  - vacances pour les enseignants
  - révisions pour les étudiants

# Remarques

- La semaine prochaine : pause pédagogique.
  - vacances pour les enseignants
  - révisions pour les étudiants

- Le partiel sera le 13 novembre.

# Remarques

- La semaine prochaine : pause pédagogique.
  - vacances pour les enseignants
  - révisions pour les étudiants
- Le partiel sera le 13 novembre.
- Au programme, les chapitres 0 à 4.

# Sommaire

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

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

- 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.

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

- 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.

SCRIPT
```
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('')
```

- 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.

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

$\Leftrightarrow$

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

- 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.

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

$\Leftrightarrow$

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

- 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.

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

$\Leftrightarrow$

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

- Une variable locale n'est utilisable que localement.

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

- 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.

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

$\Leftrightarrow$

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

- Une variable locale n'est utilisable que localement.

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

- 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.

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

$\Leftrightarrow$

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

- Une variable locale n'est utilisable que localement.

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

- 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.

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

$\Leftrightarrow$

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

- Une variable locale n'est utilisable que localement.

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

- 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.

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

$\Leftrightarrow$

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

- Une variable locale n'est utilisable que localement.

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

- 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.

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

$\Leftrightarrow$

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

- Une variable locale n'est utilisable que localement.

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

- 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.

SCRIPT
```
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
```

- 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.

SCRIPT
```
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
```

- Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

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

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

SCRIPT
```
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
```

- Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

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

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

SCRIPT
```
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
```

- Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

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

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

SCRIPT
```
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
```

- Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

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

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

SCRIPT
```
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
```

- Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

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

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

SCRIPT
```
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
```

- Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

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

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

SCRIPT
```
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
```

- Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

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

- 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.

SCRIPT
```
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
```

- Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

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

- 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.

SCRIPT
```
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
```

- Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

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

- 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.

SCRIPT
```
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
```

- Contrairement aux variables locales, les noms sont importants.

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

- 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

SCRIPT

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

- On peut définir une fonction dans une fonction

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

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

SHELL
```
>>>
```

- On peut définir une fonction dans une fonction

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

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

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

- On peut définir une fonction dans une fonction

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

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

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

- On peut définir une fonction dans une fonction

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

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

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

- On peut définir une fonction dans une fonction

SCRIPT

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

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

SHELL

```
>>> 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
```

- On peut définir une fonction dans une fonction

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

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

SHELL
```
>>> 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
```

- Difficile à lire.

- On peut définir une fonction dans une fonction

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

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

SHELL
```
>>> 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
```

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

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

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.)

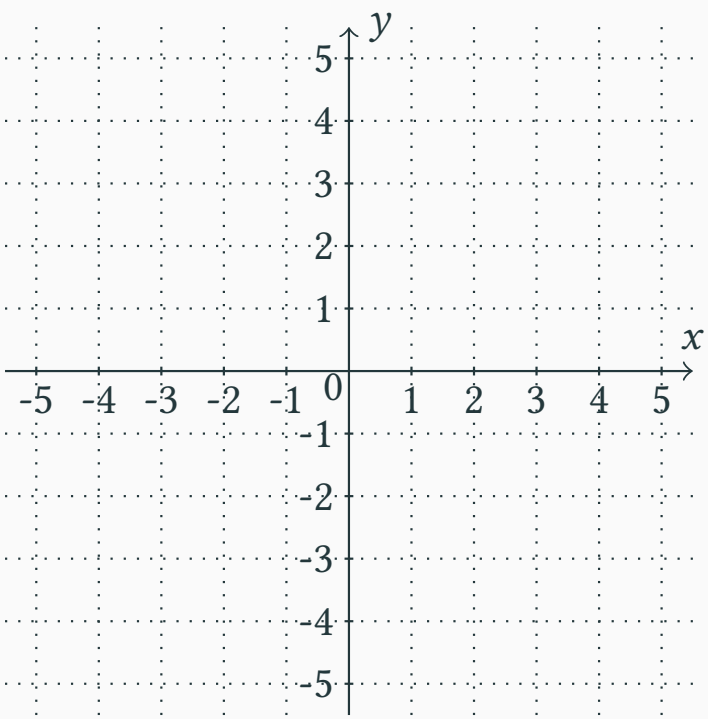
# Sommaire

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

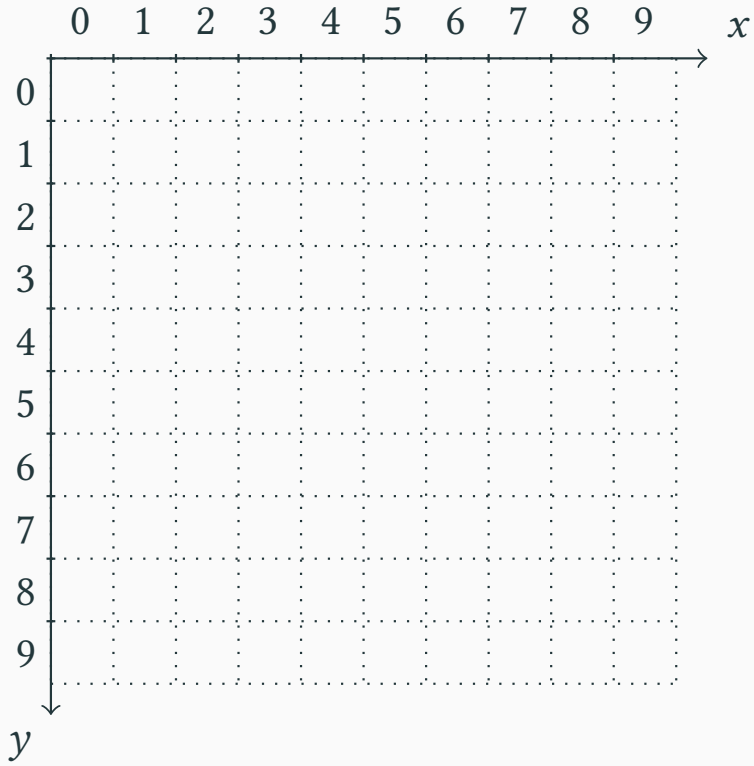
- En informatique, comme en mathématiques, on utilise des coordonnées.
- Il y a cependant trois différences pratiques.

# Les coordonnées en 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.

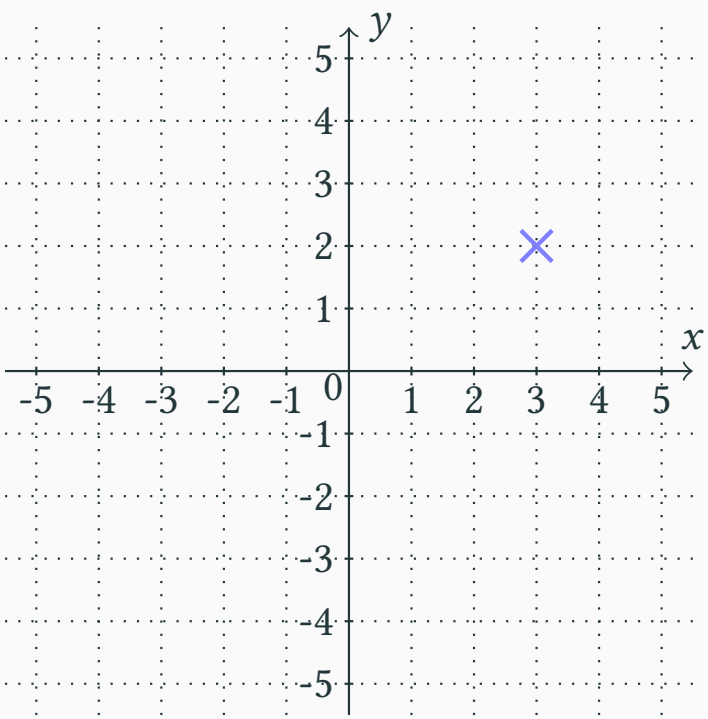



Mathématiques

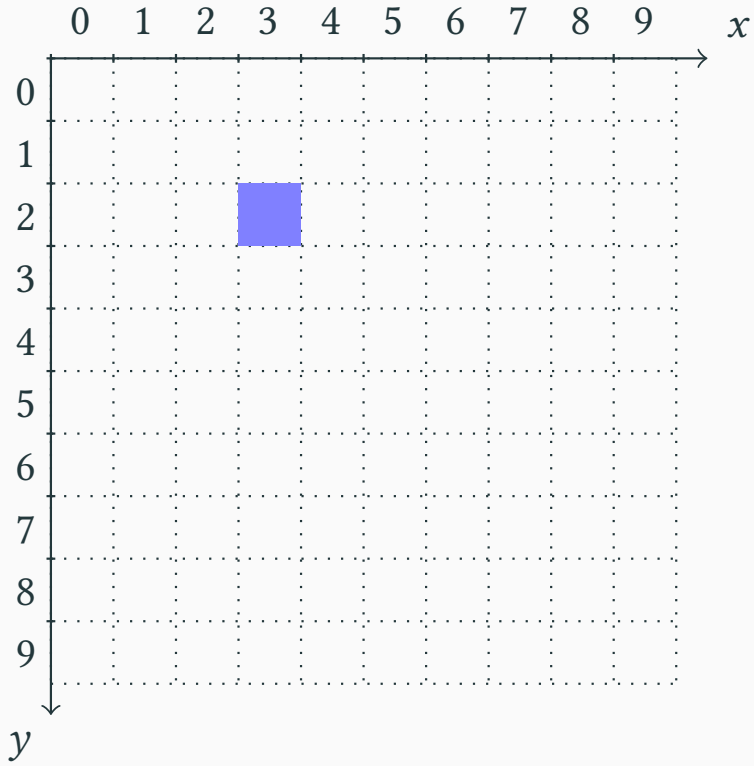



Informatique

- 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)).

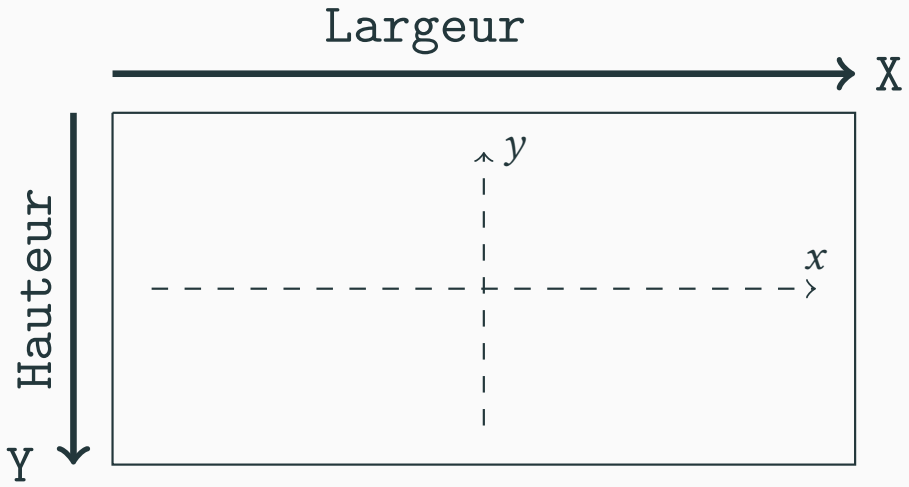



Mathématiques

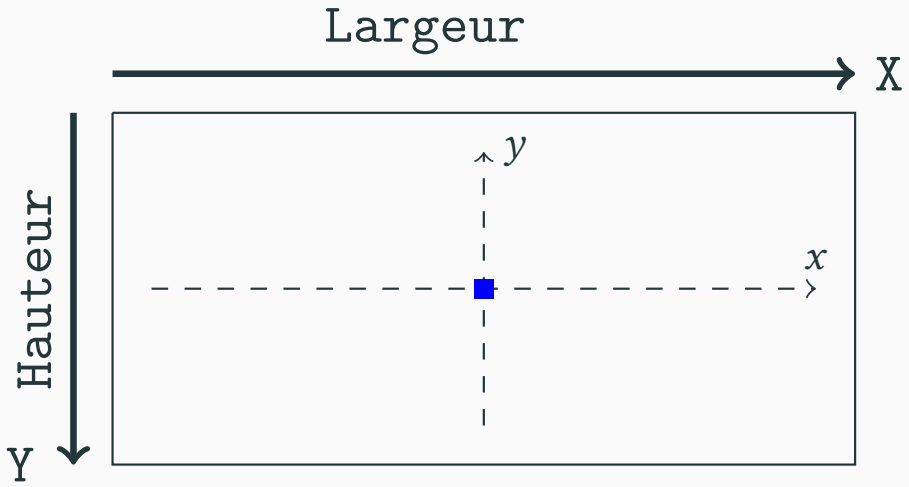



Informatique

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

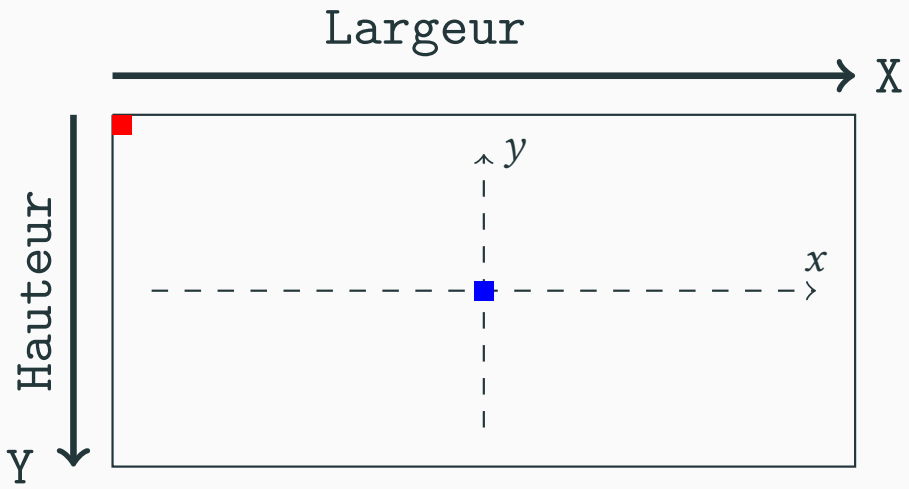


- La traduction est possible mais souvent inutile.
- Notons $(x, y)$ les coordonnées mathématiques et `(X,Y)` les coordonnées informatiques.



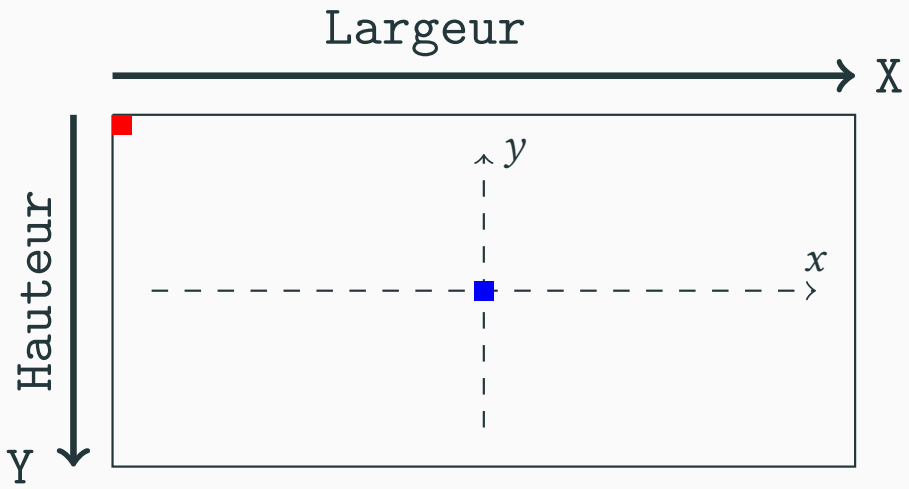

  - Quand $(x, y) = (0, 0)$ , `(X,Y)=(Largeur//2, Hauteur//2)`

- 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)=(Largeur//2, Hauteur//2)`
- Quand `(X,Y)=(0,0)` $(x, y) =$ `(-Largeur//2,Hauteur//2)`

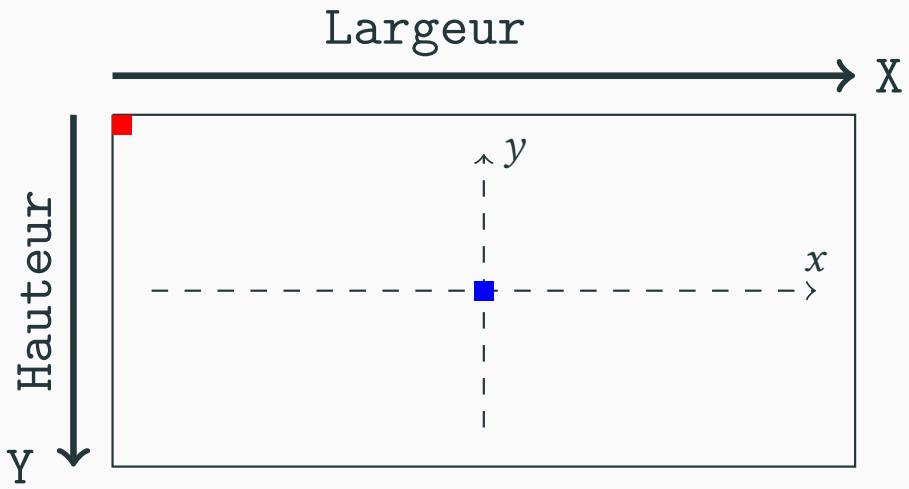
- La traduction est possible mais souvent inutile.
- Notons $(x, y)$ les coordonnées mathématiques et `(X,Y)` les coordonnées informatiques.




  - Quand $(x, y) = (0, 0)$ , `(X,Y)=(Largeur//2, Hauteur//2)`
  - Quand `(X,Y)=(0,0)` $(x, y) =$ (−`Largeur//2`, `Hauteur//2`)

- On a ainsi $\texttt{X} = x + \texttt{Largeur//2}$ et $\texttt{Y} = -y + \texttt{Hauteur//2}$

- 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)=(Largeur//2, Hauteur//2)`
- Quand `(X,Y)=(0,0)` $(x, y) =$ `(-Largeur//2,Hauteur//2)`

- On a ainsi `X` $= x +$ `Largeur//2` et `Y` $= -y +$ `Hauteur//2`

SCRIPT

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

**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.

# Sommaire

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

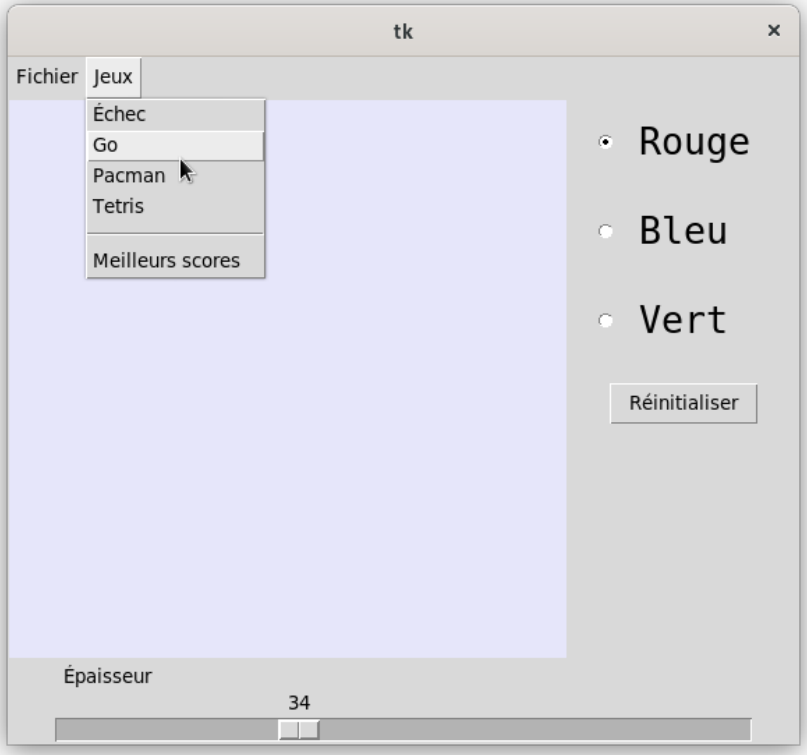
- Sous Python, c'est le module tkinter
- Disponible sur GNU/Linux, Windows et Mac

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



# Mon premier programme

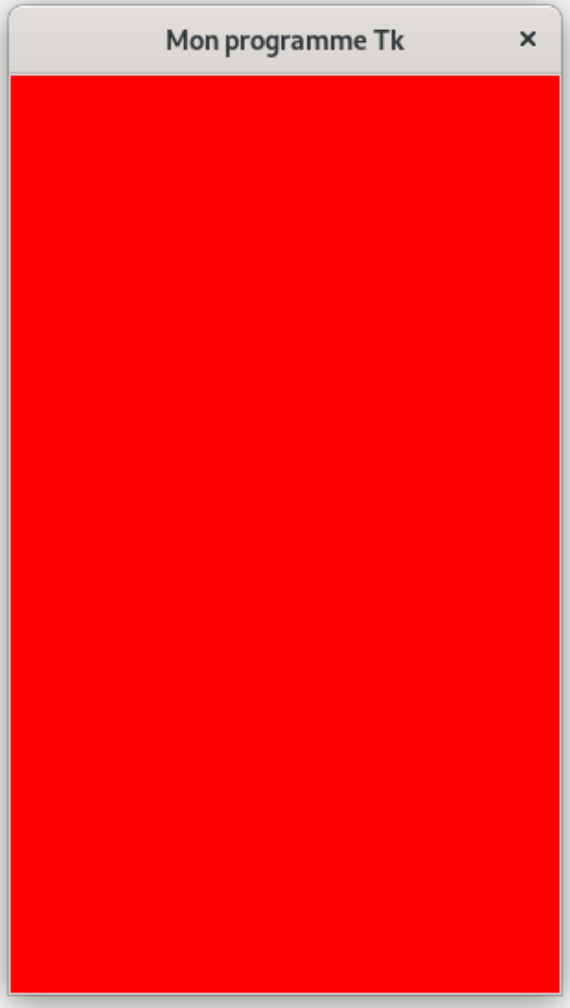
SCRIPT

```
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()
```



# Mon premier programme

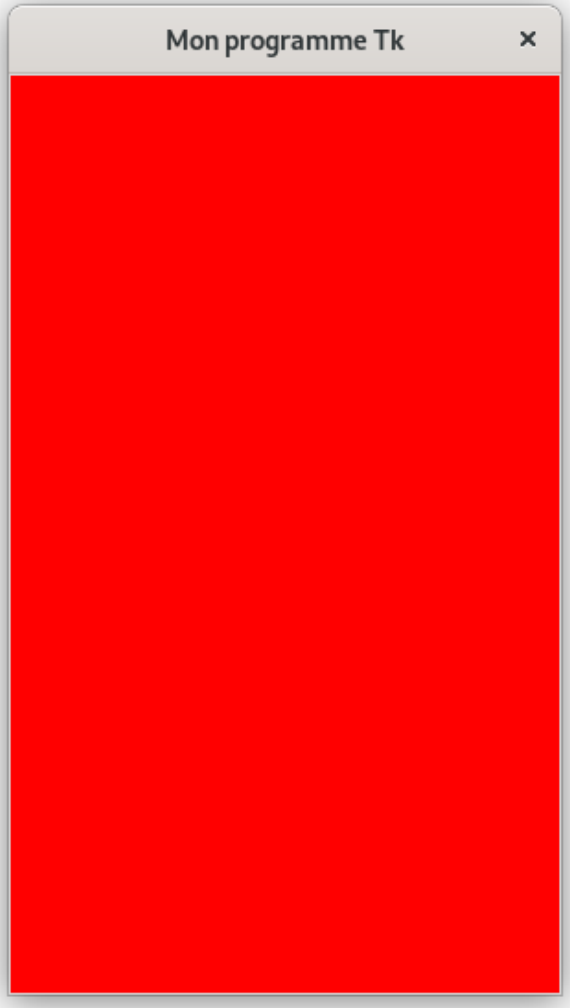
SCRIPT

```
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`)

# Mon premier programme

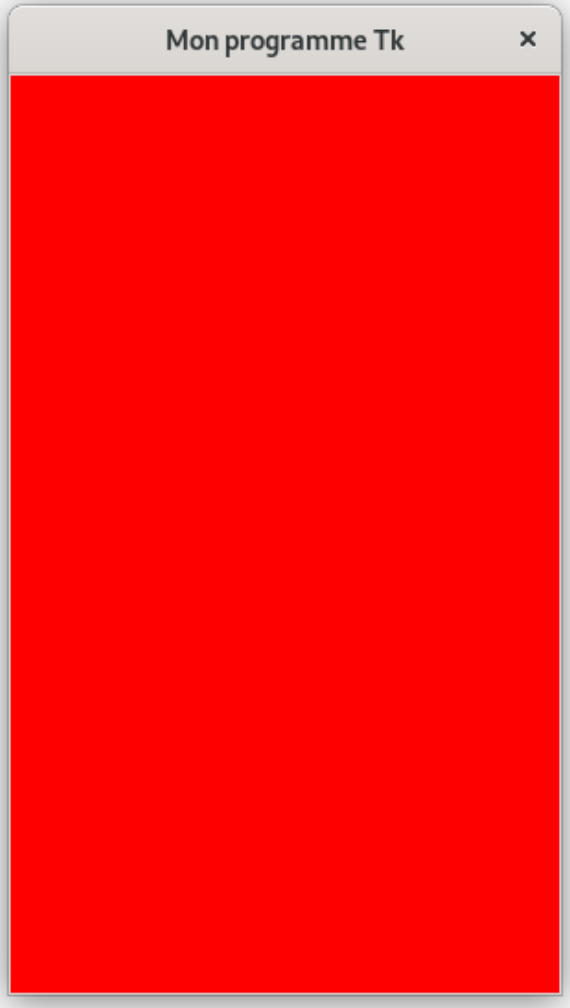
SCRIPT

```
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

# Mon premier programme

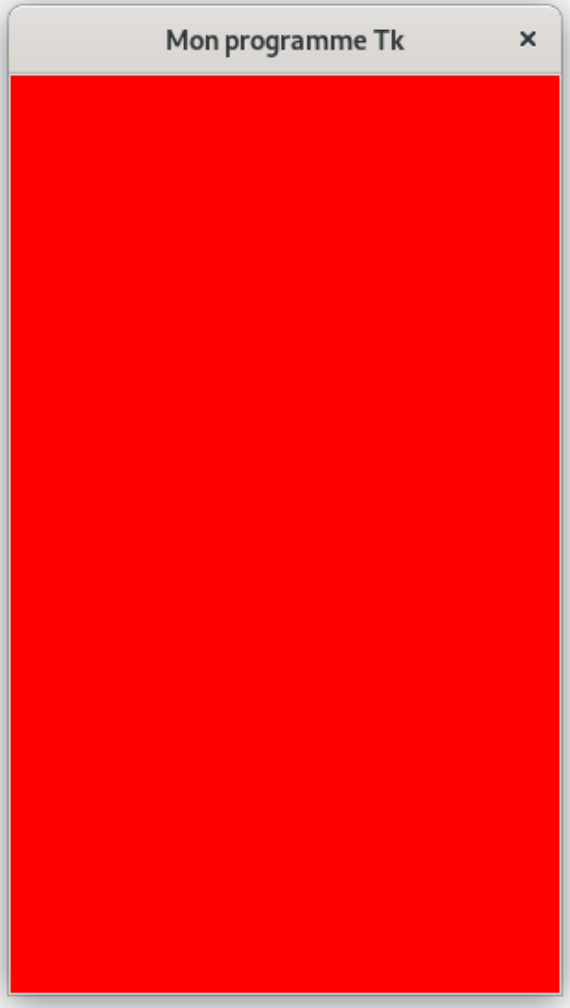
SCRIPT

```
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.

# Mon premier programme

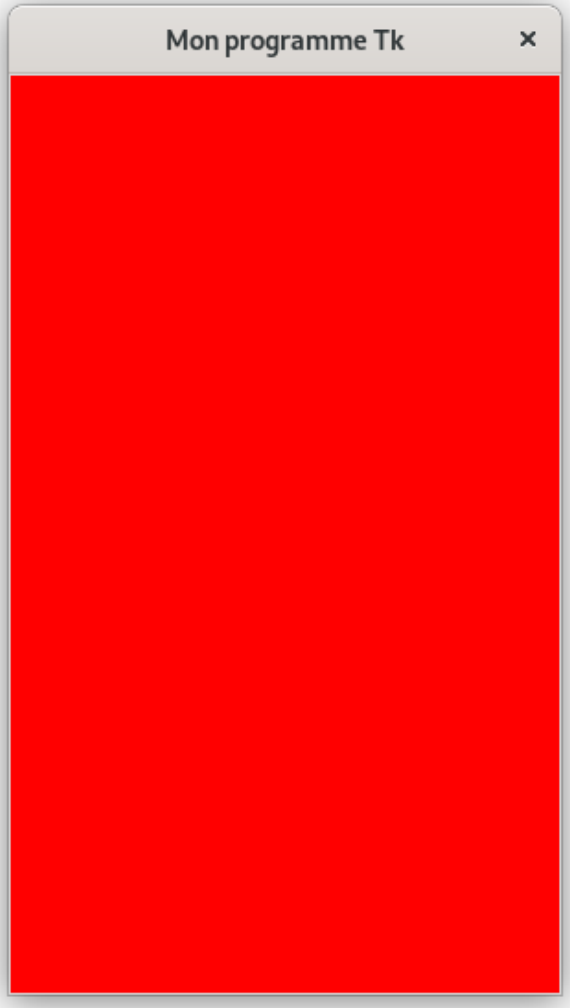
SCRIPT

```
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

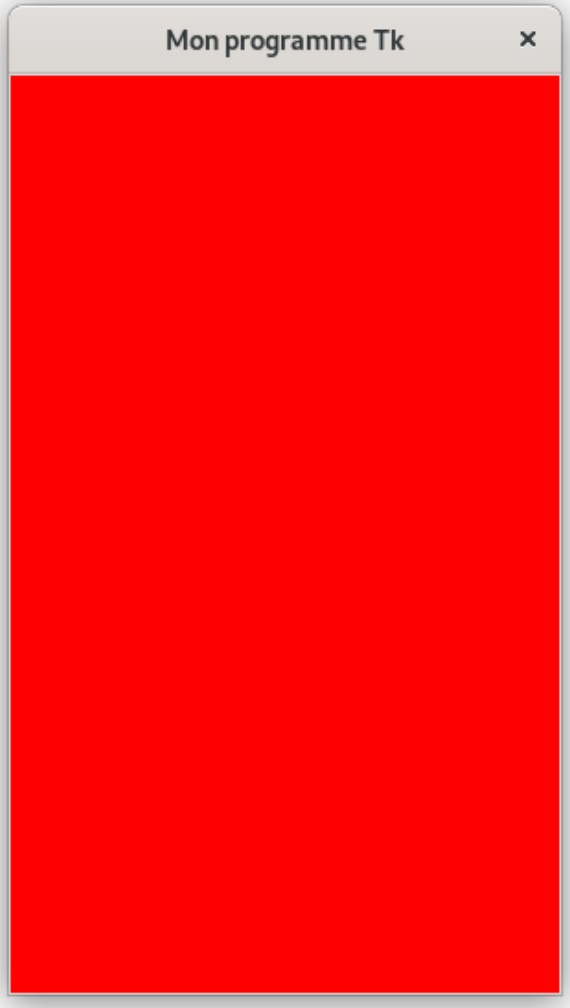
SCRIPT

```
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

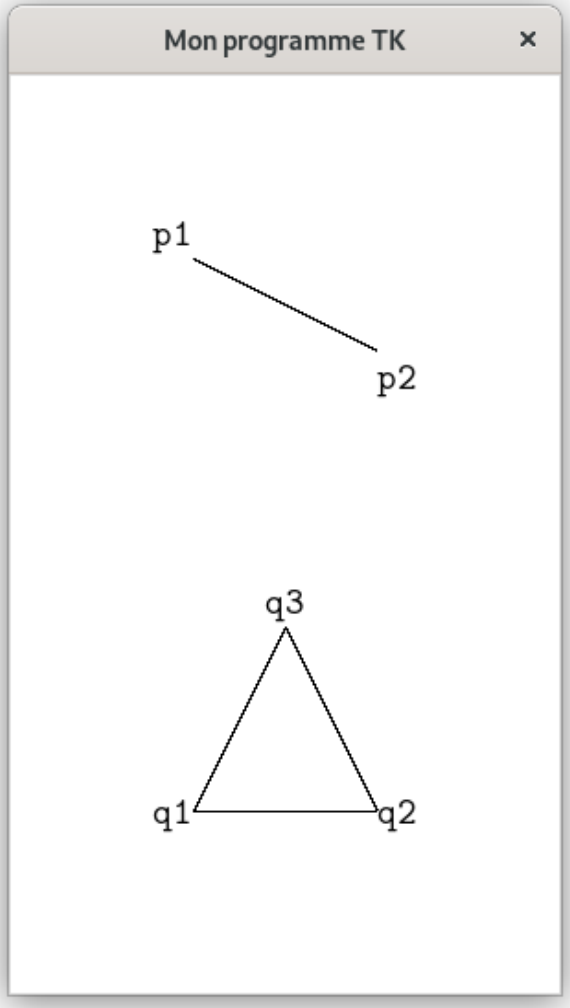
SCRIPT

```
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)
```



- À la suite du code précédent

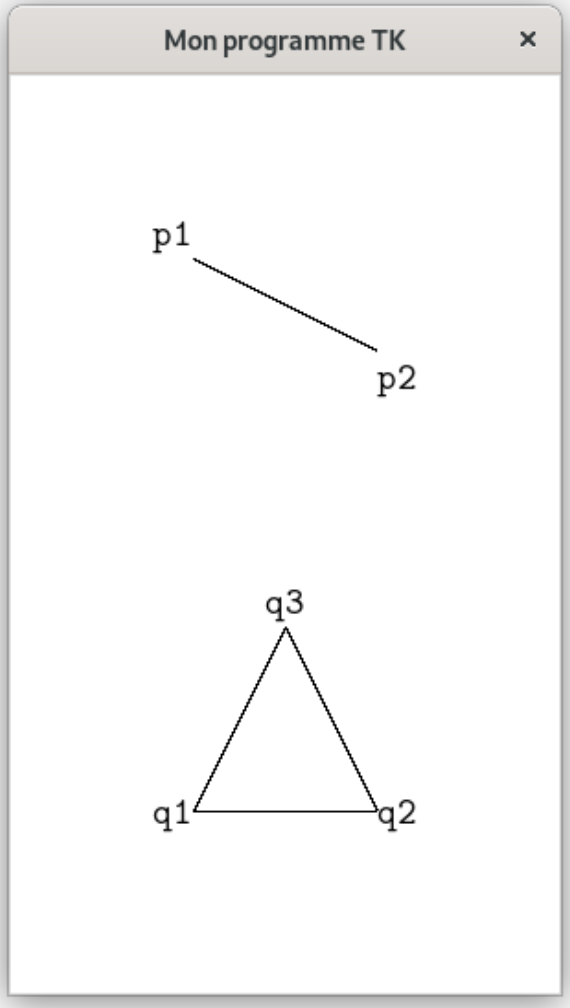
SCRIPT

```
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)
```




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

# Tracer des segments moins moches

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

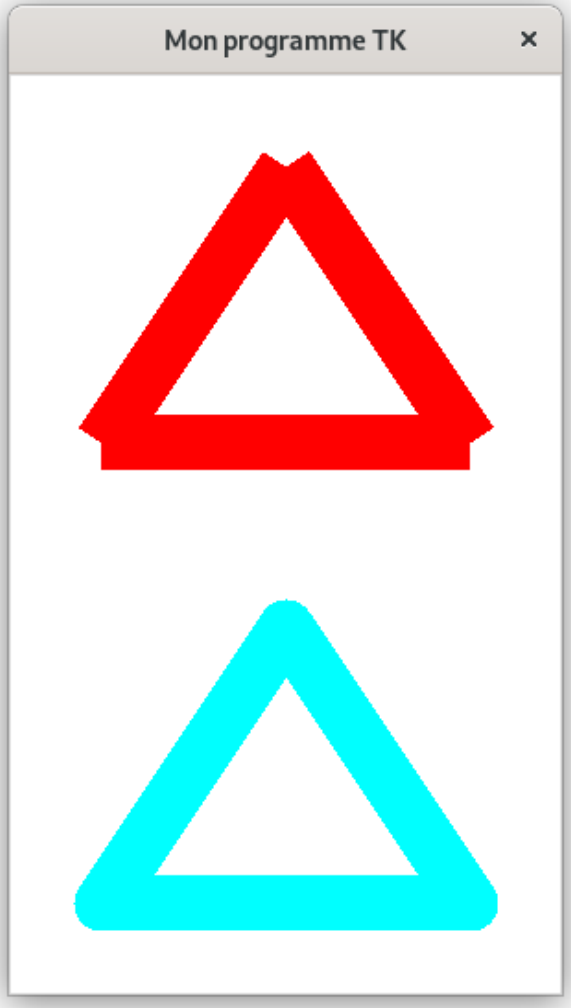
SCRIPT

```
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)
```



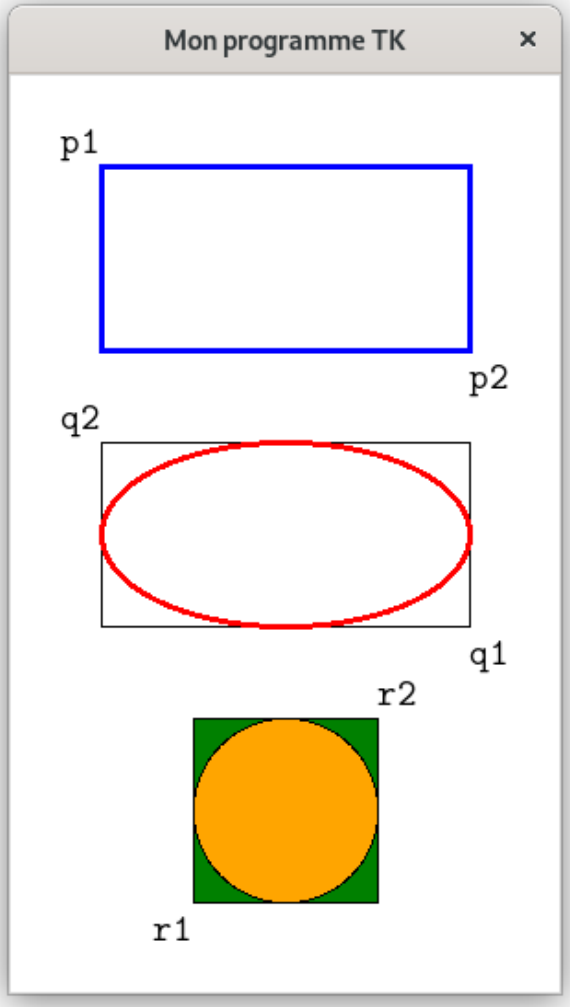
- On trace un rectangle à partir de 2 points diagonales

SCRIPT

```
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')
```



# Tracer des ellipses et des rectangles

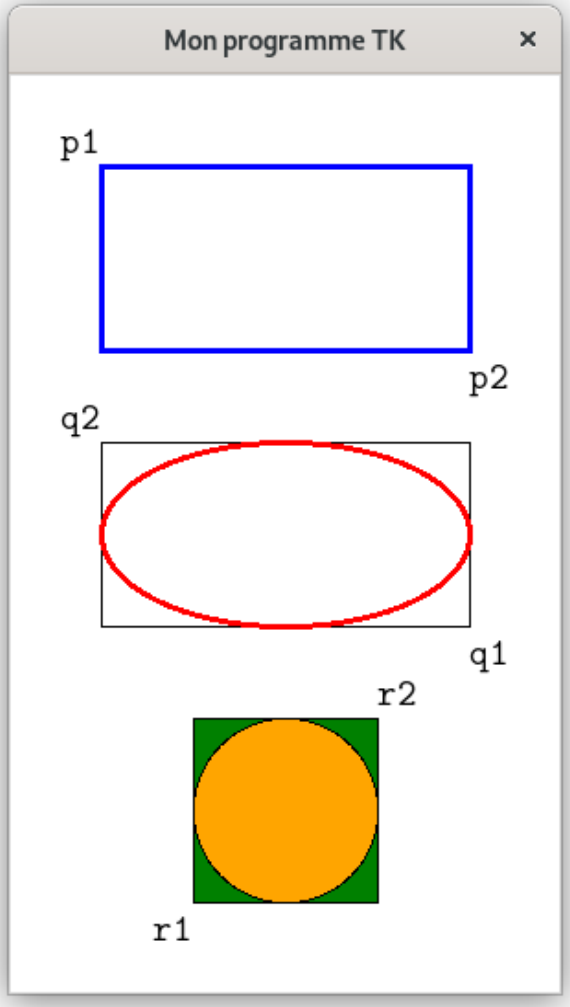
- On trace un rectangle à partir de 2 points diagonales
- On trace une ellipse à partir du rectangle la contenant

SCRIPT

```
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')
```



# Tracer des ellipses et des rectangles

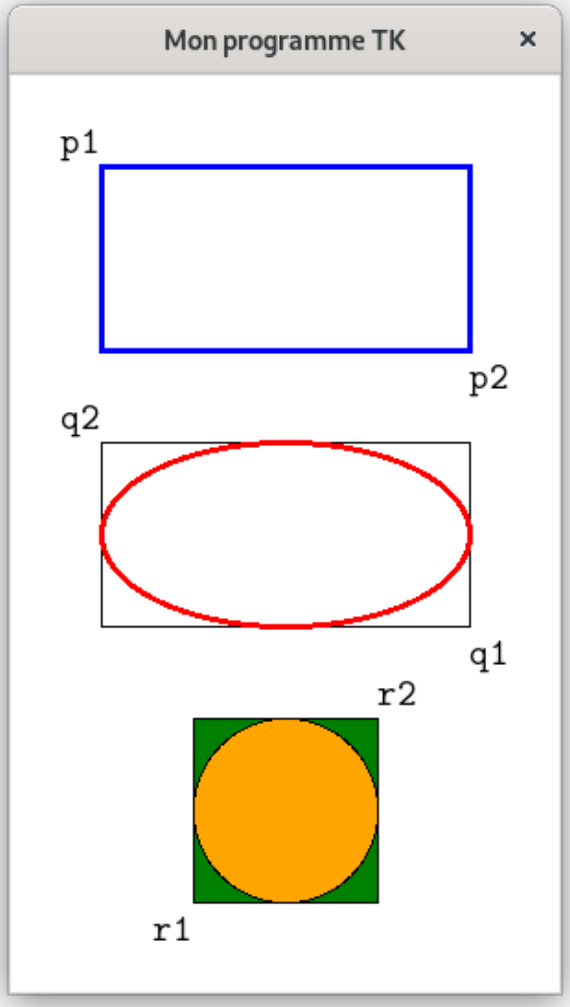
- On trace un rectangle à partir de 2 points diagonales
- On trace une ellipse à partir du rectangle la contenant

SCRIPT

```
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')
```




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

# Tracer des ellipses et des rectangles

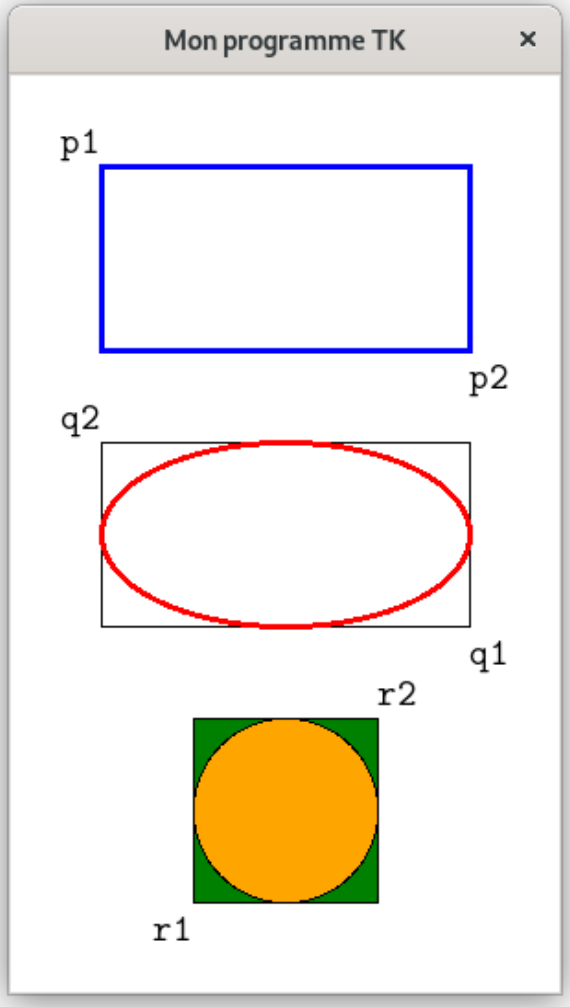
- On trace un rectangle à partir de 2 points diagonales
- On trace une ellipse à partir du rectangle la contenant

SCRIPT

```
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')
```




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

# Écrire sa propre fonction de tracer de cercle

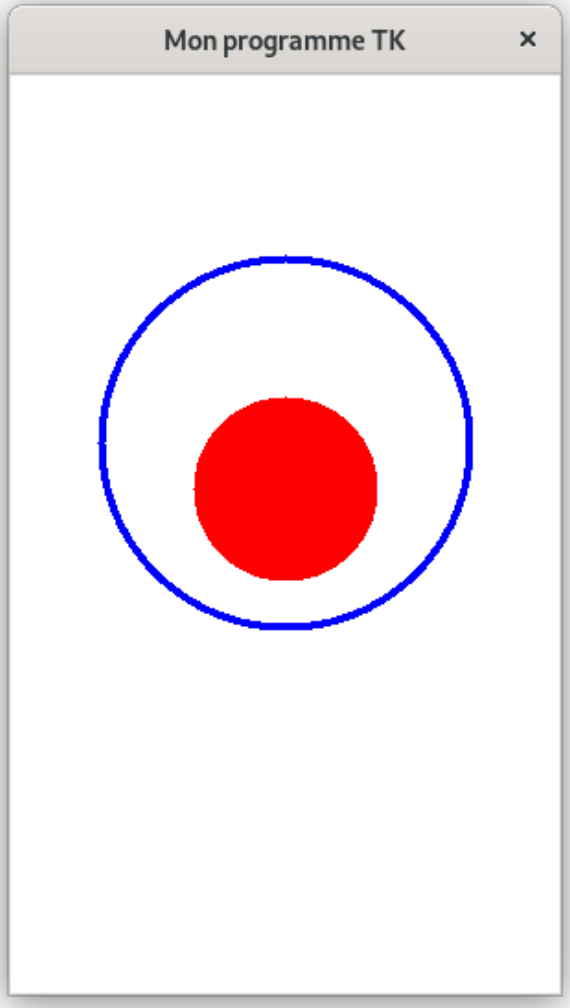
- On souhaite une fonction plus simple à utiliser :
  - pour les cercles
  - pour les disques

SCRIPT

```
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')
```



- 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 :
  - $\texttt{D8} = 13 \times 16 + 8 = 216$

- 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'` ?

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

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

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

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

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

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

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

  - R=0
  - G=255
  - B=0

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

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

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

  - 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'` ?

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

  - `'#FF7E00'`

# Afficher un texte

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

SCRIPT

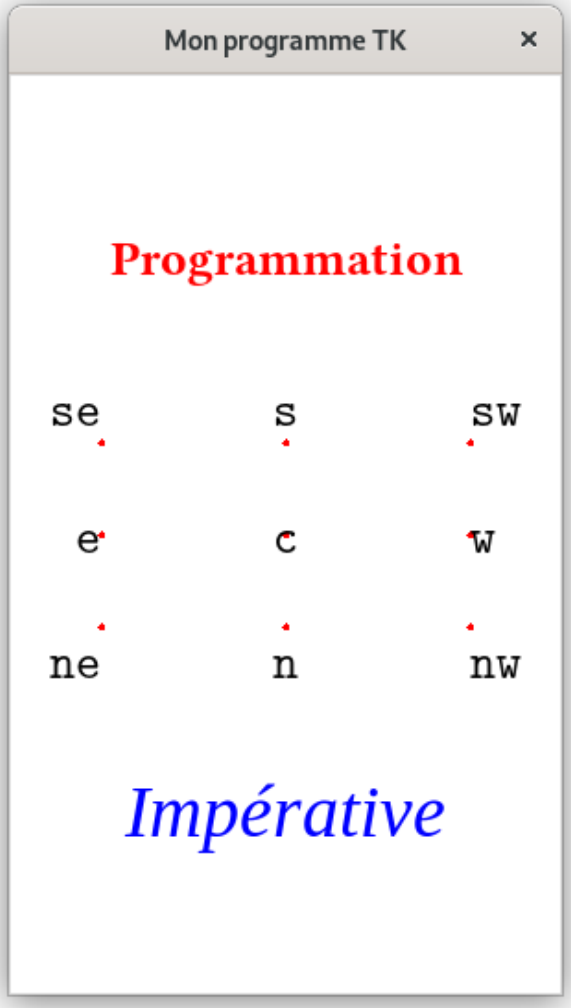
```
#  À lire calmement chez soi.

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')
```



- 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()` !!!

# Pour aller plus loin

- 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 (légale car sous license CC-BY)

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

# Sommaire

- On fait varier `x` de `xmin` à `xmax` 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))`

SCRIPT

```
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
```

- On fait varier `x` de `xmin` à `xmax` 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))`

SCRIPT

```
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.

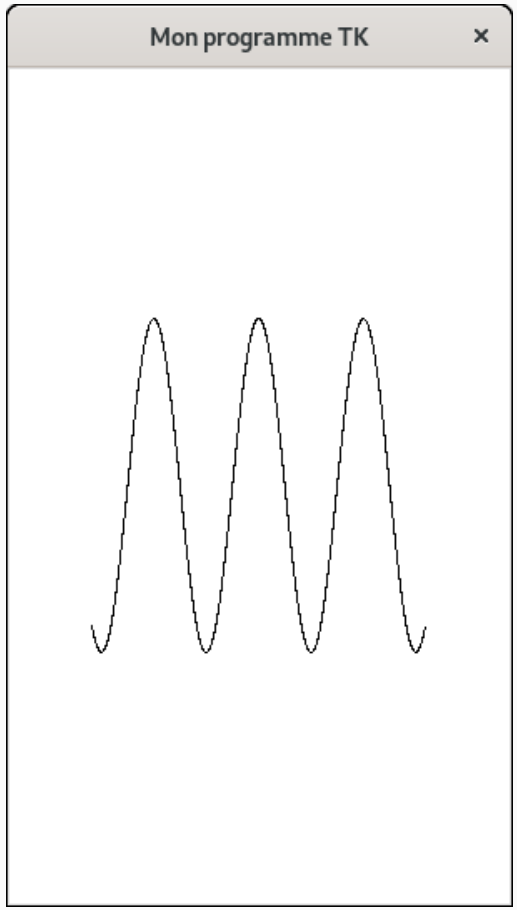
SCRIPT

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

- On fait varier `x` de `xmin` à `xmax` 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))`

SCRIPT
```
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.

SCRIPT
```
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 sinusoïde(x): return 100*cos(x/10)

trace_fonction(sinusoïde,-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).

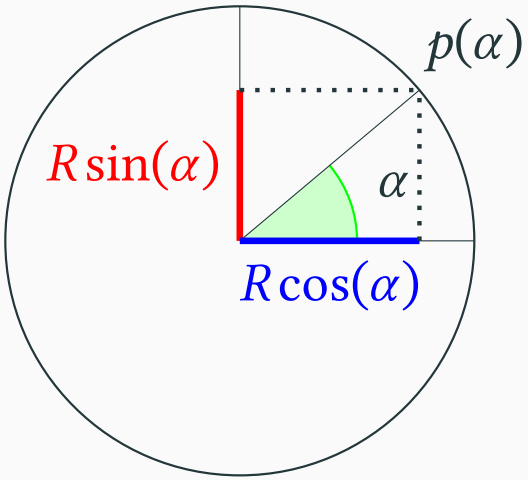
- Pour tracer une courbe on exprime généralement $y$ en fonction de $x$
- On peut aussi exprimer $x$ et $y$ en fonction du temps $t$ : $p(t) = (x(t), y(t))$
- Lorsque $t$ varie, $p(t)$ décrit une courbe : une *courbe paramétrique*.
- Pour tracer une telle courbe, il suffit de relier les points $p(t)$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

SCRIPT

```
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
```

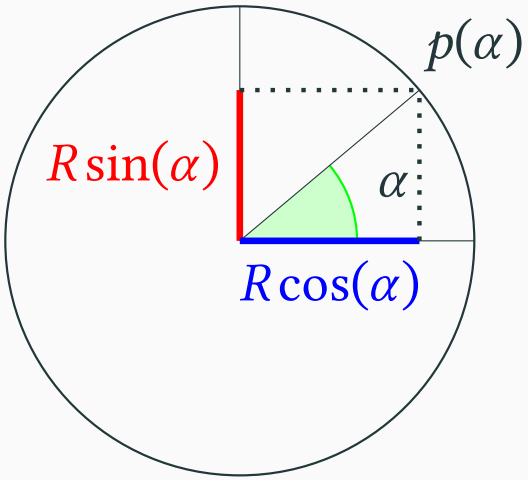
- Utilisons notre fonction pour tracer un cercle !

- 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 !



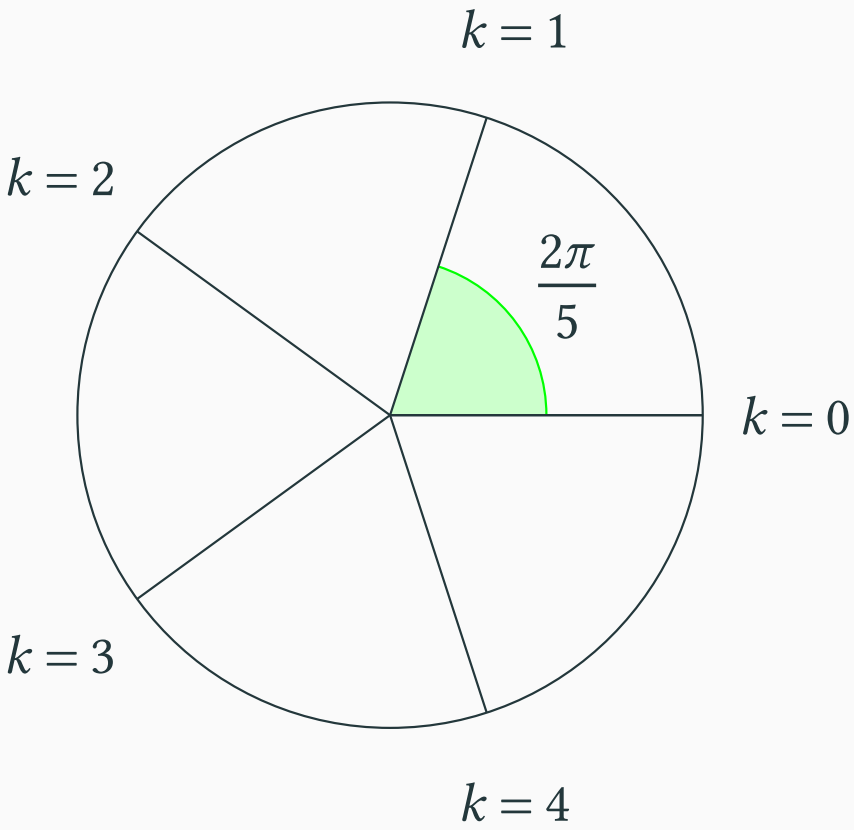

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + R\cos(t), \\ y(t) = y_0 + R\sin(t). \end{cases}$$

SCRIPT

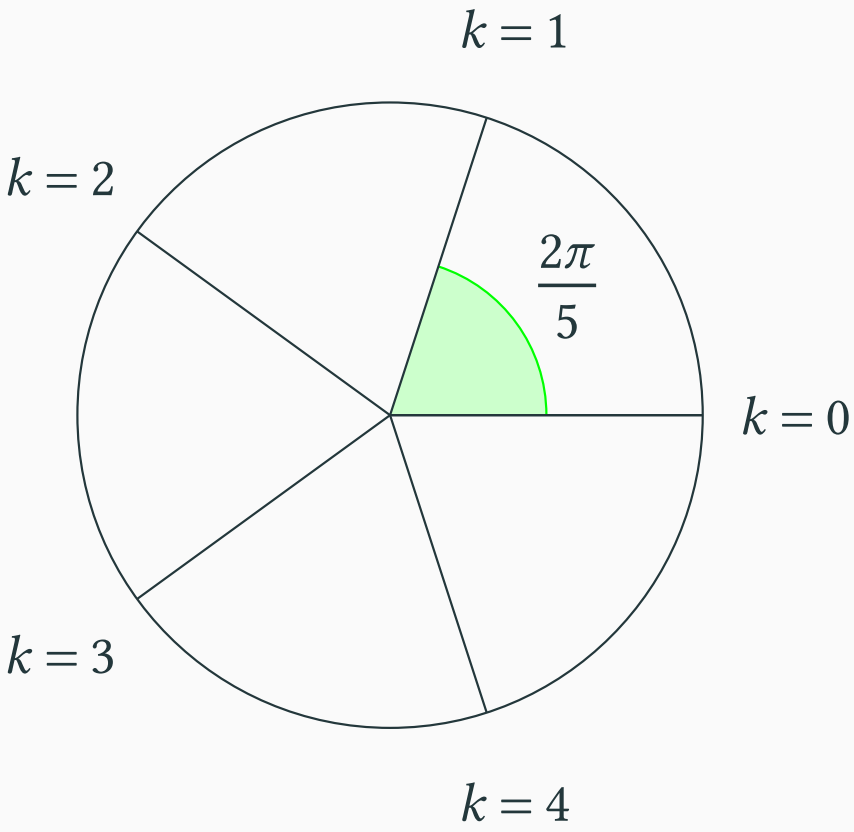
```
def tracer_cercle(centre,rayon):
    (x0,y0) = centre
    def fx(t): return x0+rayon*cos(t)
    def fy(t): return y0+rayon*sin(t)
    trace_paramétrique(0, 2*pi, fx, fy, 0.01)
    # pi est défini dans la bibliothèque math
```

- 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 !

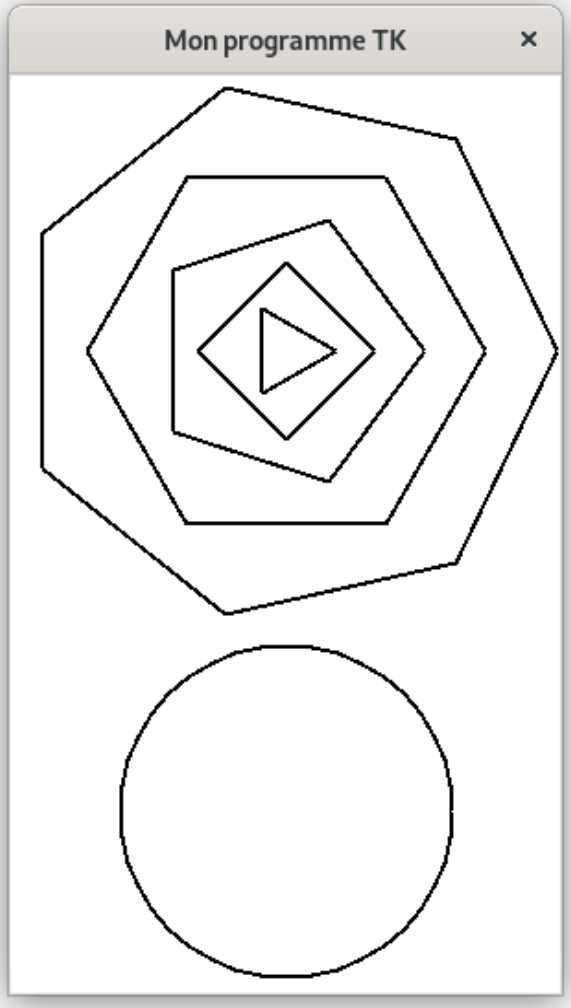
SCRIPT

```
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
```




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

# Sommaire

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

```shell
>>>
```

- Vraiment tous les éléments

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

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

- Vraiment tous les éléments

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

SHELL

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

- Vraiment tous les éléments

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

SHELL

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

- Vraiment tous les éléments

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

SHELL

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

- Vraiment tous les éléments

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

SHELL

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

- Vraiment tous les éléments

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

SHELL

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

- Vraiment tous les éléments

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

SHELL

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

- Vraiment tous les éléments

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

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

- Vraiment tous les éléments

SHELL
```
>>>
```

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

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

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

- Vraiment tous les éléments

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

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

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

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

- Vraiment tous les éléments

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

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

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

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

- Vraiment tous les éléments

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

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

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

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

- Vraiment tous les éléments

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

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

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

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

- Vraiment tous les éléments

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

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

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

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

- Vraiment tous les éléments

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

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

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

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

- Vraiment tous les éléments

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

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

# Rappel : les types en Python

- En Python, tous les éléments ont un type

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

- Vraiment tous les éléments

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

- 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

# Tentative avec des tuples

- Le premier réflèxe serait d'utiliser des uplets.

SCRIPT

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

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

SHELL

```
>>>
```

# Tentative avec des tuples

- Le premier réflèxe serait d'utiliser des uplets.

SCRIPT

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

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

SHELL

```
>>> mail(étudiant1)
```

- Le premier réflèxe serait d'utiliser des uplets.

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

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

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

- Le premier réflèxe serait d'utiliser des uplets.

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

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

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

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

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

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

- On va plutôt créer une classe `Étudiant`

SCRIPT

```
class Étudiant:

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

SCRIPT

```
class Étudiant:

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

- On va plutôt créer une classe `Étudiant`

SCRIPT

```
class Étudiant:

    def __init__(self,num,prénom,nom):
        print("Création d'un nouvel étudiant")
        self.num = num
        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,num,prénom,nom):
        print("Création d'un nouvel étudiant")
        self.num = num
        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,num,prénom,nom):
        print("Création d'un nouvel étudiant")
        self.num = num
        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'
>>> mail(nico)
```

- On va plutôt créer une classe `Étudiant`

SCRIPT

```
class Étudiant:

    def __init__(self,num,prénom,nom):
        print("Création d'un nouvel étudiant")
        self.num = num
        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'
>>> mail(nico)
'Nicolas.Bourbaki@etu.univ-cotedazur.fr'
```

- 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
```

- 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

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`.
- 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

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`.
- En dehors de la classe, ils sont précédés du nom de l'objet

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

- 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`.
- En dehors de la classe, ils sont précédés du nom de l'objet

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

- 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`.
- En dehors de la classe, ils sont précédés du nom de l'objet

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

- 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`.
- En dehors de la classe, ils sont précédés du nom de l'objet

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

- 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.

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
```

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

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
```

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

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

- 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
```

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

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

- 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
```

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

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

- 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.

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
```

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

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

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

- 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
```

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

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

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

- Sur le même modèle créons une classe `Enseignant`

SCRIPT

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

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

- Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

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

- Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

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

- Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

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

- Pourquoi utiliser une méthode plutôt qu'une fonction ?

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

- 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 ?

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.
- Et pourtant l'utilisateur utilise la même méthode.

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

- 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.

- Et pourtant l'utilisateur utilise la même méthode.

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

- 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.
- Et pourtant l'utilisateur utilise la même méthode.

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

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 ?

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.
- Et pourtant l'utilisateur utilise la même méthode.

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

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.

# Sommaire

- 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 veux se déplacer de manière relative :
  - Avancer, Reculer
  - Tourner à gauche ou à droite

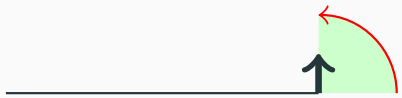
# Une tortue géomètre

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

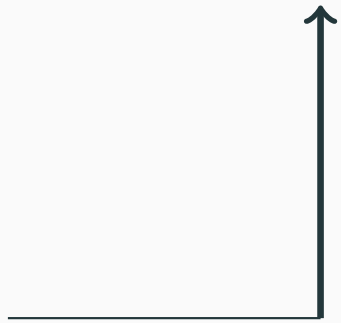
- Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
  - Pratique et efficace
  - Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- On veux se déplacer de manière relative :
  - Avancer, Reculer
  - Tourner à gauche ou à droite
- Correspond historiquement à la bibliothèque Turtle.
  -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

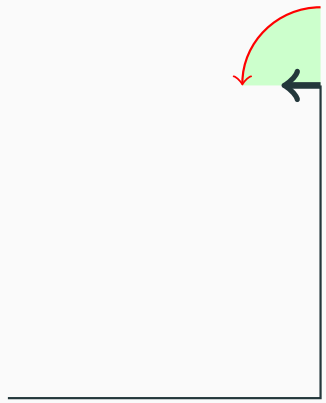
- Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
  - Pratique et efficace
  - Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- On veux se déplacer de manière relative :
  - Avancer, Reculer
  - Tourner à gauche ou à droite
- Correspond historiquement à la bibliothèque Turtle.
  -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



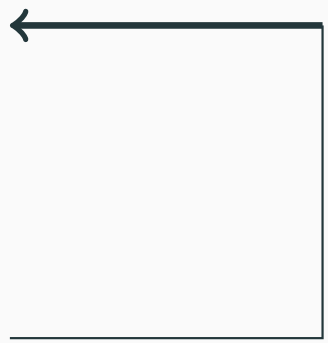
- Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
  - Pratique et efficace
  - Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- On veux se déplacer de manière relative :
  - Avancer, Reculer
  - Tourner à gauche ou à droite
- Correspond historiquement à la bibliothèque Turtle.
  -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



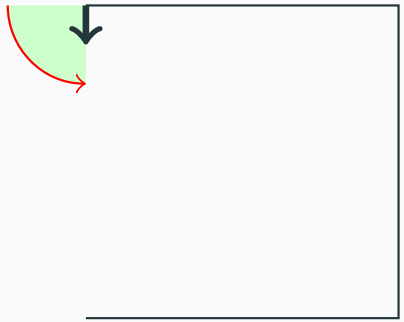
- Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
  - Pratique et efficace
  - Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- On veux se déplacer de manière relative :
  - Avancer, Reculer
  - Tourner à gauche ou à droite
- Correspond historiquement à la bibliothèque Turtle.
  -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



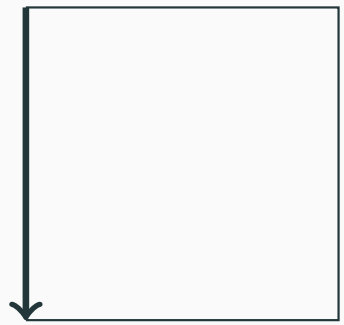
- Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
  - Pratique et efficace
  - Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- On veux se déplacer de manière relative :
  - Avancer, Reculer
  - Tourner à gauche ou à droite
- Correspond historiquement à la bibliothèque Turtle.
  -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

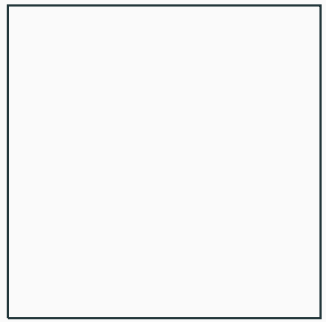


- Pour l'instant, on n'utilise que des coordonnées absolues.
  - Pratique et efficace
  - Mais nécessite de calculer les coordonnées à l'avance.
- On veux se déplacer de manière relative :
  - Avancer, Reculer
  - Tourner à gauche ou à droite
- Correspond historiquement à la bibliothèque Turtle.
  -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



# Une tortue géomètre

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

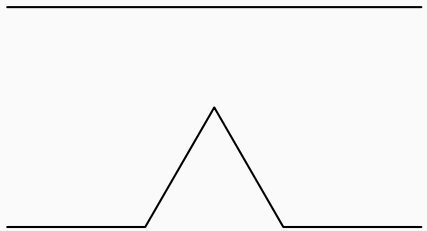
La suite $(K_n)$ des courbes de Koch de base $T$ est construite de proche en proche (par récurrence).

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 $K_0$.

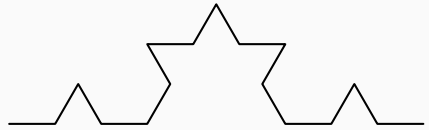
La suite $(K_n)$ des courbes de Koch de base $T$ est construite de proche en proche (par récurrence).

- $K_0$ 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 $K_1$.



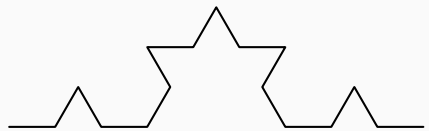
La suite $(K_n)$ des courbes de Koch de base $T$ est construite de proche en proche (par récurrence).

- $K_0$ est un segment de longueur $T$.



- $K_1$ est obtenue par chirurgie à partir de $K_0$.

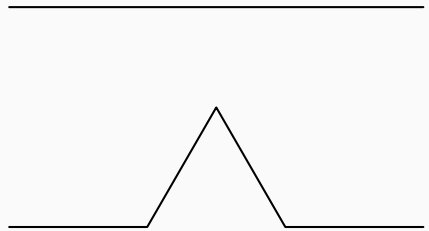
- $K_2$ est obtenue par la même chirurgie appliquée à chaque côté de $K_1$.



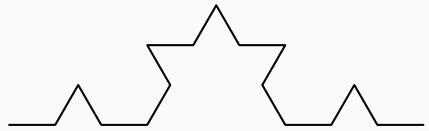
- $K_3$ est obtenue par la même chirurgie appliquée à chaque côté de $K_2$.

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

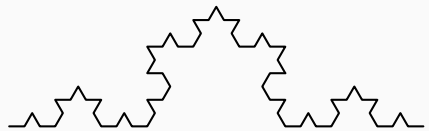
- $K_0$ est un segment de longueur $T$.



- $K_1$ 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 $n$.

SCRIPT

```
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)
```

- La courbe de Koch $K$ est la limite des courbes $K_n$ quand $n \to \infty$.
- 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 $n$.

SCRIPT

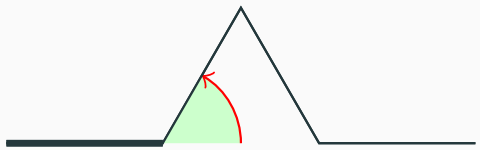
```
def koch(n, T):
    """ approximant de la courbe
    de Koch de niveau n et de
    base T """
    if n == 0:
        crayon.avance(T)
    else:
        koch(n - 1, T / 3)
        crayon.tourne(60)
        koch(n - 1, T / 3)
        crayon.tourne(-120)
        koch(n - 1, T / 3)
        crayon.tourne(60)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

- La courbe de Koch $K$ est la limite des courbes $K_n$ quand $n \to \infty$.
- 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 $n$.

SCRIPT

```
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)
```

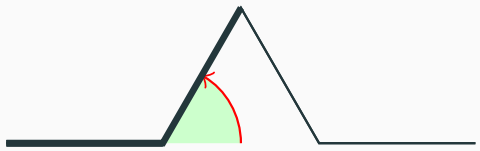


- La courbe de Koch $K$ est la limite des courbes $K_n$ quand $n \to \infty$.
- Découverte en 1904 par le mathématicien suédois Helge von Koch. La courbe $K$ est fractale, continue, mais sans tangente en aucun point.

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

SCRIPT

```
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)
```

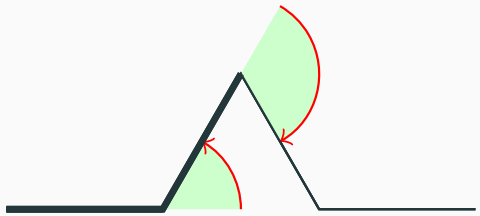


- La courbe de Koch $K$ est la limite des courbes $K_n$ quand $n \to \infty$.
- Découverte en 1904 par le mathématicien suédois Helge von Koch. La courbe $K$ est fractale, continue, mais sans tangente en aucun point.

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

SCRIPT

```
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)
```

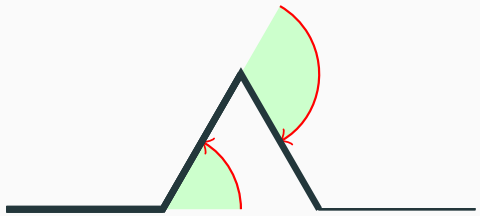


- La courbe de Koch $K$ est la limite des courbes $K_n$ quand $n \to \infty$.
- Découverte en 1904 par le mathématicien suédois Helge von Koch. La courbe $K$ est fractale, continue, mais sans tangente en aucun point.

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

SCRIPT

```
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)
```

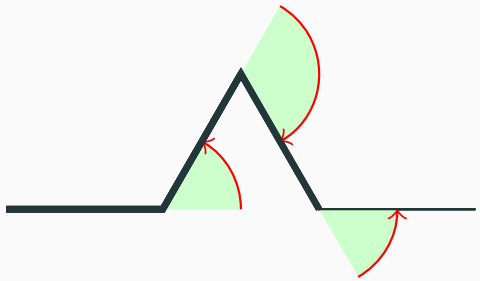


- La courbe de Koch $K$ est la limite des courbes $K_n$ quand $n \to \infty$.
- Découverte en 1904 par le mathématicien suédois Helge von Koch. La courbe $K$ est fractale, continue, mais sans tangente en aucun point.

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

SCRIPT

```
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)
```

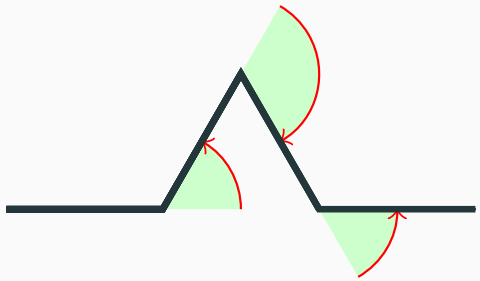


- La courbe de Koch $K$ est la limite des courbes $K_n$ quand $n \to \infty$.
- Découverte en 1904 par le mathématicien suédois Helge von Koch. La courbe $K$ est fractale, continue, mais sans tangente en aucun point.

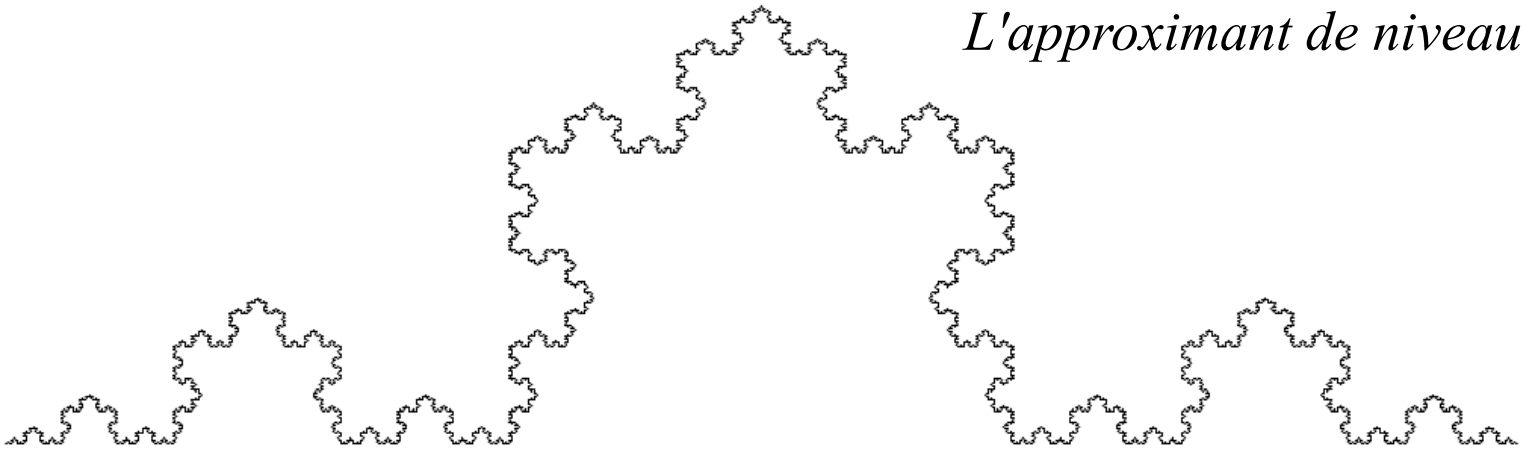
- Mathématiquement, la courbe $K_n$ s'obtient comme assemblage de quatre courbes $K_{n-1}$. On peut donc la dessiner par récurrence sur $n$.

SCRIPT

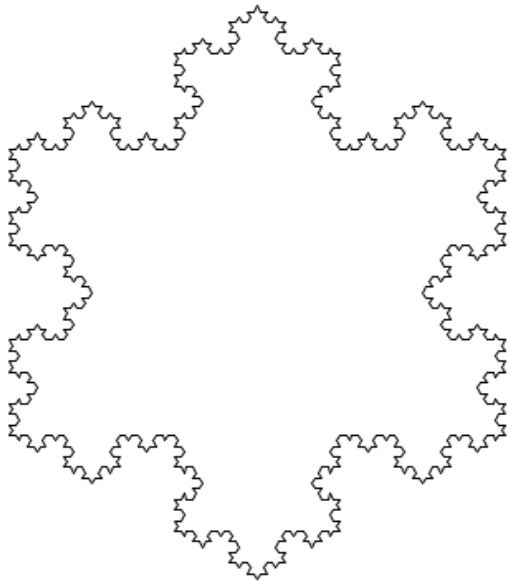
```
def koch(n, T):
    """ approximant de la courbe
    de Koch de niveau n et de
    base T """
    if n == 0:
        crayon.avance(T)
    else:
        koch(n - 1, T / 3)
        crayon.tourne(60)
        koch(n - 1, T / 3)
        crayon.tourne(-120)
        koch(n - 1, T / 3)
        crayon.tourne(60)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



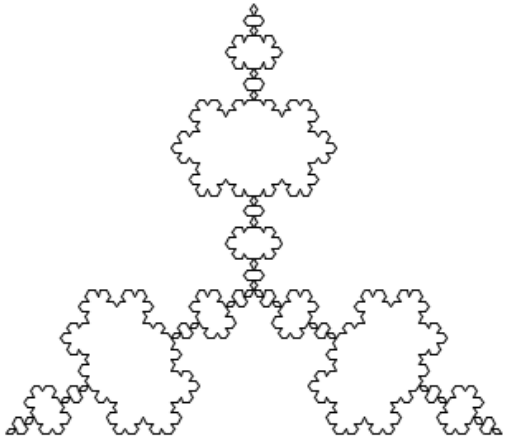
- La courbe de Koch $K$ est la limite des courbes $K_n$ quand $n \to \infty$.
- Découverte en 1904 par le mathématicien suédois Helge von Koch. La courbe $K$ est fractale, continue, mais sans tangente en aucun point.



*L'approximant de niveau 6*



*Le flocon de Von Koch*



*L'antiflocon*

# Exemple 1 : tracer de pixels

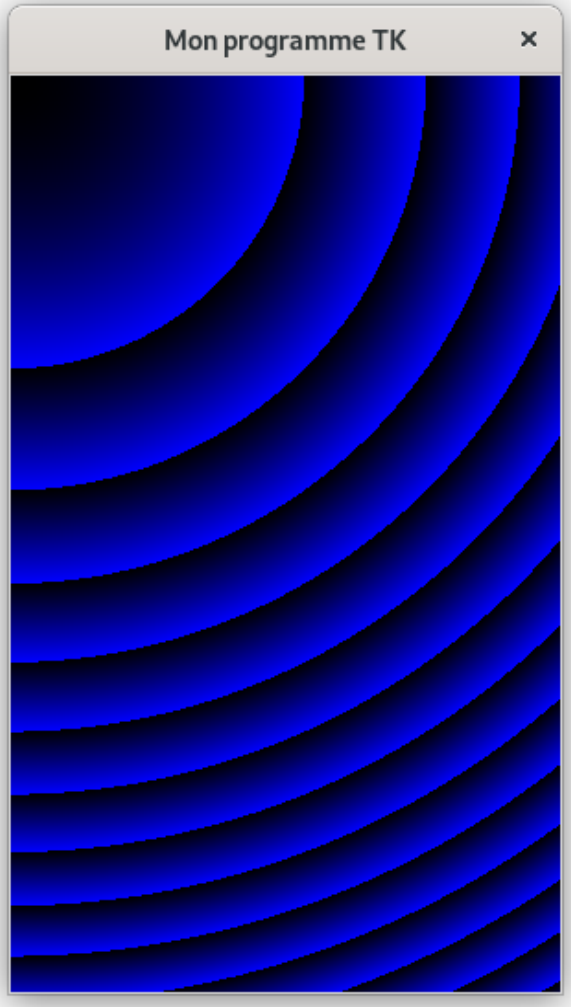
- On souhaite parfois tracer une figure pixel par pixel.
  - On peut facilement créer une fonction `pixel`.
  - Permet de faire de jolis dégradés !

SCRIPT

```
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)
```

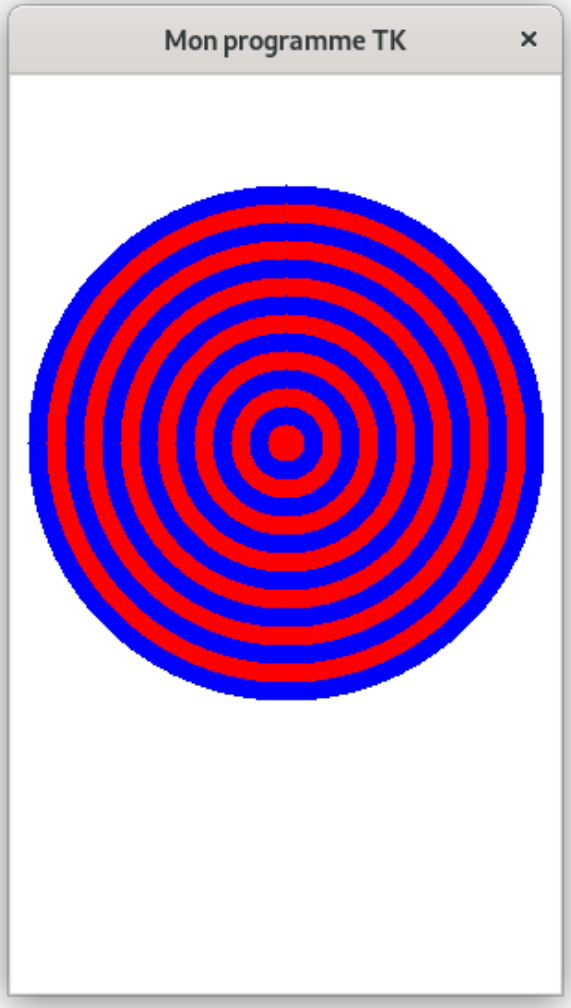


# Exemple 2 : tracer une cible

- 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.

SCRIPT

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



# Exemple 3 : tracer un échiquier

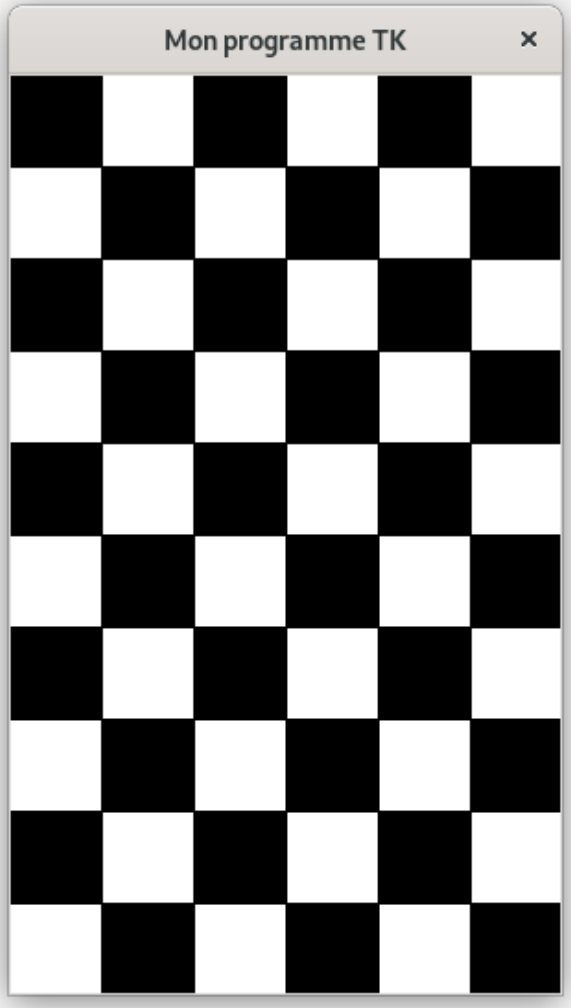
- Deux systèmes de coordonnés :
  - `(x,y)` correspond aux pixels
  - `(i,j)` correspond aux carrés de 50 pixels de côté
- Le carré noir `(i,j)=(3,1)` : 4$^{e}$ colonne, 2$^{nd}$ ligne
  - En posant `(x,y)=(3*c,1*c)`
  - `(x,y)` correspond au coin supérieur gauche
  - `(x+c,y+c)` correspond au coin inferieur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

SCRIPT

```
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)
```



# Merci pour votre attention
# Questions

?

# Cours 5 — Graphismes, objets et variables globales

# Licence