

## PYTHON : FRACTALES AVEC LE MODULE TURTLE

Nous utilisons le module graphique `turtle` de Python qui permet de dessiner à partir de quelques instructions simples.

À l'état initial, une tortue est au centre de l'écran, tournée vers la droite.

L'utilisateur lui donne ensuite des instructions successives pour contrôler ses déplacements. La tortue trace un trait le long du chemin parcouru.

Les instructions utilisées dans ce TD sont :

```

1 from turtle import *
2 reset()           # efface l'écran et revient en configuration initiale
3 forward(100)     # fait avancer la tortue d'une distance 100
4 left(90)         # fait pivoter la tortue d'un angle de 90 degrés sur sa gauche (
    sans avancer)
5 right(90)        # idem sur la droite

```

Bien sûr, les valeurs numériques peuvent être modifiées (tourner d'un angle différent, ou avancer d'une autre distance).

*Pour que la tortue avance plus vite, on peut utiliser la commande `speed(0)`.*

### EXERCICE 1 (Prise en main)

1) Que dessine la suite de commandes suivante ?

```

1 reset()
2 for i in range(4):
3     forward(100)
4     left(90)

```

2) Proposer une suite d'instructions pour tracer un triangle équilatéral de côté 100.

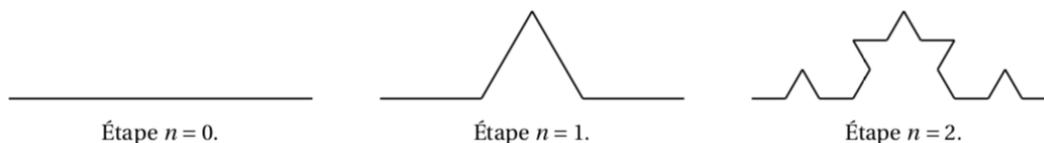
3) On veut tracer un polygone régulier à  $n$  côtés dont les  $n$  sommets sont à la distance 100 de son centre.

- (a) Quelle est la longueur de chacun des côtés du polygone ?
- (b) En déduire une fonction **poly(n)** qui trace un tel polygone avec le module `turtle`.  
*On pourra utiliser les fonctions trigonométriques issues du module `math`. Ces fonctions donnent des résultats en radian.*
- (c) En déduire une méthode pour tracer un cercle de rayon 100 de façon approchée.

### EXERCICE 2 (Flocon de Von Koch)

On veut tracer le flocon de Von Koch (sans utiliser de récursivité en Python).

Ce flocon est défini par un processus itératif, dont les étapes sont schématisées ici :



- On part d'un segment de longueur  $a$  (étape 0).
- À l'étape 1, on remplace le tiers central par une "pointe isocèle", dont les côtés sont de longueur  $a/3$ . La figure est ainsi composée de 4 segments de même longueur.
- À l'étape 2, on applique la même transformation à chacun des 4 segments de l'étape 1.
- On réitère ainsi ce processus  $n$  fois.

Pour réaliser ces dessins, nous allons procéder en deux étapes.

- Construction de la liste de toutes les instructions à réaliser (dans l'ordre),
- Lecture de la liste et réalisation des instructions.

Dans la liste, chaque commande sera codée par un couple (commande, valeur). Dans la suite, on appellera "mouvement élémentaire" un tel couple.

Par exemple, avancer de 100 est codé par le mouvement élémentaire (forward,100).

*On remarquera qu'il n'y a pas de guillemets autour de forward, l'objet désigne donc la fonction elle-même (et pas seulement son nom).*

Pour faire exécuter à la tortue le mouvement élémentaire  $(x, y)$ , on donne donc la commande  $x(y)$ .

- 1) Combien de segments doivent être tracés à l'étape  $n$  ? Justifier.
- 2) Quelle sera la longueur (minimale) de la liste à l'étape  $n$  ? Justifier.
- 3) Quelle est la longueur de la figure à l'étape  $n$  ? En déduire que le flocon est une courbe de longueur infinie.
- 4) Rédiger une fonction **interpeteur**(mv), qui prend en argument une liste de mouvements élémentaires et qui fait exécuter ces mouvements à la tortue.
- 5) On propose la fonction suivante

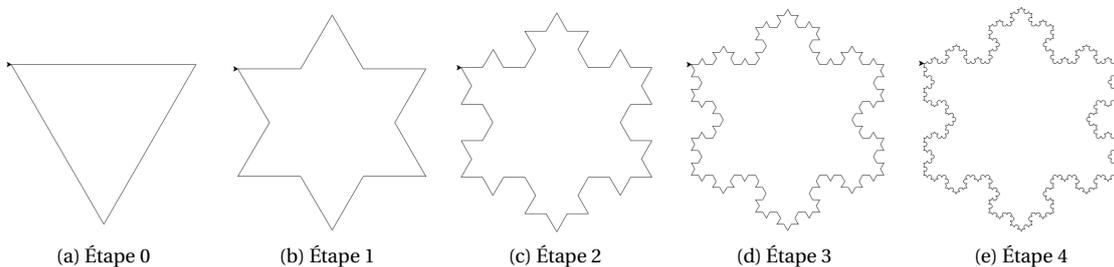
```

1 def motif(mesure):
2     mvt = [(forward, mesure)]
3     mvt.append((left, 60))
4     mvt.append((forward, mesure))
5     mvt.append((right, 120))
6     mvt.append((forward, mesure))
7     mvt.append((left, 60))
8     mvt.append((forward, mesure))
9     return mvt

```

À quelle figure géométrique correspond motif(100).

- 6) Rédiger une fonction **iteration**(mv) qui prend en argument une liste de mouvements élémentaires correspondant à l'étape  $n$  et qui renvoie la liste correspondant au fractal à l'étape  $n + 1$ .  
Vous utiliserez **motif** dans le corps de la fonction.
- 7) Programmer le tracé de l'étape 3 du flocon de Von Koch (la longueur totale de la figure devra être 135).
- 8) Comment tracer le flocon complet, non plus à partir d'un segment, mais à partir d'un triangle équilatéral (que l'on prendra, avec la pointe en bas), sans modifier la liste de mouvements obtenue à la question précédente.



- 9) Que doit-on modifier pour tracer le fractal suivant ?

