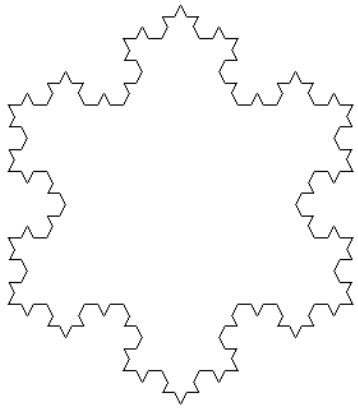
Fractales de Koch

Ensimag 1A - Préparation au Projet C
Année scolaire 2013 – 2014



Présentation

Le but de cet exercice est de se familiariser avec quelques points de base du langage C, à travers la mise en œuvre de fractales de Koch.

Les objectifs de ce sujet, du point de vue du langage C, sont les suivants :

- Programmation modulaire
- Allocation dynamique
- Utilisation des arguments argc et argv de la fonction main
- Utilisation du préprocesseur C
- Ecriture dans un fichier
- Utilisation des types C99
- Manipulation des opérateurs binaires <<, >>, |, &
- Utilisation de l'assertion pour la gestion des erreurs
- Utilisation des fonctions de la librairie string (strcmp, …)
- Utilisation du debugger ddd et de valgrind

Nous vous demandons d'utiliser des types C99 pour vos variables : uint32_t, uint16_t, int32_t, int16_t, bool, etc…

Le debugger **ddd** sera utilisé pour tracer les erreurs du programme. **valgrind** sera aussi utilisé pour vérifier l'allocation correcte des données dynamiques du programme.

Le rendu de ce TP contiendra tous les fichiers constituant le programme Koch (fichiers .c, .h) ainsi que des fichiers images résultats au format PPM. **Un Makefile permettant de régénérer le programme sera également fourni**. Le résultat de l'exécution du programme via **valgrind** sera également fourni.

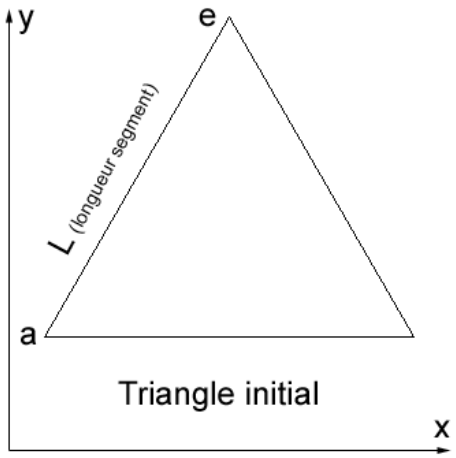
1 Programme : Fractale géométrique Flocon de Koch

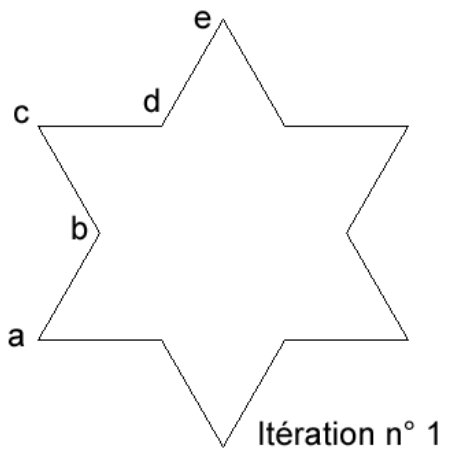
2.2 Principe

Il s'agit de la première fractale inventée en 1904 par le mathématicien suédois Helge von Koch (1870 – 1924).
Pour tracer cette courbe, il faut:

- Tracez un triangle équilatéral
- Remplacer le tiers central de chaque côté par une pointe dont la longueur de chaque côté égale aussi au tiers du côté
- Recommencer cette construction sur chaque côté des triangles ainsi formés.

Schéma des étapes successives :

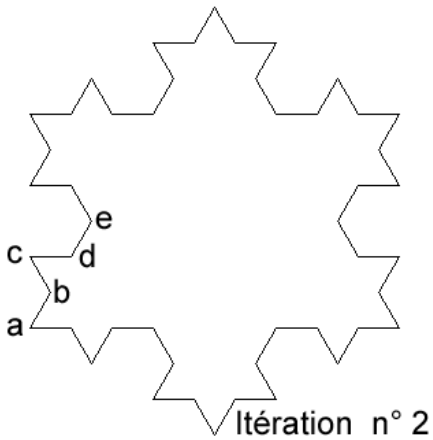




Pour chaque segment [a,e], on peut calculer les coordonnées des points intermédiaires b,c et d de la façon suivante :

```
xb = xa + (xe-xa)/3
yb = ya + (ye-ya)/3
xd = xa + 2 * (xe-xa)/3
yd = ya + 2 * (ye-ya)/3
xc = (xb+xd) * cos(60°) - (yd-yb) * sin(60°)
yc = (yb+yd) * cos(60°) + (xd-xb) * sin(60°)
```

A l'itération suivante, on recommence sur les nouveaux segments créés.



2.2 Objectifs

Le programme Flocon de Koch devra permettre de paramétrer les données suivantes :

- La longueur (en pixels) d'un segment du triangle initial.
- La taille en pixels (hauteur = largeur) du carré de l'image finale sera calculée automatiquement à partir de la longueur de segment précédente.
- Le nombre d'itérations à effectuer
- La couleur de tracé (qui pourra être codée sous la forme hexadécimale 0xRRVVBB, RR : rouge, VV : vert, BB : bleu)
- La couleur de fond (qui pourra être aussi codée sous la forme 0xRRVVBB)
- Le nom du fichier .ppm de destination
- Une dernière option « all » indiquant qu'on veut tous les fichiers image intermédiaires entre le triangle de départ et le flocon de koch final. Si elle est omise, seul le fichier image final est généré.

Ces paramètres principaux de la fractale seront stockés dans une seule structure de données.

Les paramètres pourront être donnés en arguments de l'appel du programme en ligne de commandes :

- Exemple de ligne de commande : koch 270 4 0xFF0000 0xFFFFFF koch.ppm all
- Cet exemple lancera le programme en définissant la taille d'un segment du triangle initial à 270 pixels, le nombre d'itérations de calcul à 4, 5 fichiers de sortie .ppm (00_koch.ppm, 01_koch.ppm, 02_koch.ppm, 03_koch.ppm, 04_koch.ppm,), les images seront rendues avec un tracé rouge sur fond blanc

Si aucun paramètre n'est passé en arguments de la ligne de commande ou si le nombre d'arguments attendus est incomplet, le programme Koch demandera à l'utilisateur de saisir les paramètres en mode interactif.

2.3 Directives de programmation

2.3.1 Programmation modulaire

Le programme Koch comportera au minimum 3 modules

- Module principal (programme principal)
- Module fonctions (les fonctions liées au traitement des données du programme : calcul, rendu,...)
- Module ihm (l'interface homme machine contenant les fonctions liées à l'affichage et la saisie des données)

Chaque module sera découpé en fonctions élémentaires permettant une programmation simple, structurée et très lisible du programme.

2.3.2 Structure de données

Une liste chainée est imposée pour stocker tous les points calculés du flocon de Koch. Chaque élément de la liste contiendra les coordonnées X et Y d'un point du flocon de Koch et un lien vers le point suivant.
Les coordonnées seront typées en entiers non signés uint32_t.

2.3.3 Etapes de résolution

Il est demandé de procéder de la façon suivante :

- Définition de la liste chaînée initiale des points définissant le triangle de départ ;
- Génération et calcul des points du flocon de Koch. Les nouveaux points seront insérés dynamiquement à la liste chainée initiale ;
- Rendu image par la méthode Bresenham (détaillée ci-dessous). Cette méthode permettra de tracer des traits entre les points calculés du flocon de Koch. L'image générée sera stockée dans un tableau de type uint32_t * alloué dynamiquement en mémoire, comme pour l'APP sur les fractales de Mandelbrot ;
- Ecriture de l'image mémoire uint32_t * dans le fichier .ppm de destination à l'aide de la fonction creer_fichier_PPM développé lors du premier APP.

2.3.4 Méthode de tracé de ligne Bresenham

Documentation sur la méthode : http://en.wikipedia.org/wiki/Bresenham's_line_algorithm

On propose de mettre en œuvre la méthode générale simplifiée en se basant sur le pseudo code suivant :

```
/* Tracé de ligne entre 2 points de coordonnées (x0,y0) et (x1,y1) */
function line(x0, y0, x1, y1)
   dx := abs(x1-x0)
   dy := abs(y1-y0)
   if x0 < x1 then sx := 1 else sx := -1
   if y0 < y1 then sy := 1 else sy := -1
   err := dx-dy

   loop
        setPixel(x0,y0)
        if x0 =  x1 and y0 = y1 exit loop
        e2 := 2 * err
        if e2 > -dy then
             err :=err – dy
             x0 := x0 + sx
        end if
        if e2 < dx then
             err := err + dx
             y0 := y0 +sy
        end if
   end loop
```

2.3.5 Code initial fourni

Afin d'orienter la réalisation du code demandé, les fichiers entêtes .h des modules fonctions et ihm sont proposés :

- koch_fonctions.h
- koch_ihm.h

Ils contiennent en particulier :

- Les définitions des structures de données pour la liste chaînée et les paramètres du programme
- Les prototypes proposés pour les fonctions principales à mettre en oeuvre

3 Extensions possibles (en option)

- Figure de départ différente d'un triangle (figure à n segments : carré, hexagone, ...).
- Variantes des courbes de Koch (http://fr.wikipedia.org/wiki/Flocon_de_Koch) :
  - Fractales Cesàro
  - Courbes de Koch quadratiques