

Modélisation par L-système

La beauté des plantes attire l'attention des mathématiciens depuis des siècles. Cette beauté est due notamment à leur structure auto-similaire.

Des procédés récursifs, tels que les L-systèmes, permettent l'utilisation de l'informatique pour une visualisation réaliste des structures des plantes et des processus de développement.

Un milieu environnemental végétal réaliste n'est pas totalement homogène mais voit se créer des ruptures de symétrie lors de la croissance due aux interactions avec des éléments extérieurs ou tout simplement dus au hasard. Le but de notre modélisation est de créer des modèles réalistes comprenant ces conditions de croissance.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- COUDRAY Alex
- DABO Issa-Mbenard

Positionnement thématique (phase 2)

INFORMATIQUE (Informatique Théorique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>L-système</i>	<i>L-system</i>
<i>Grammaire</i>	<i>Grammar</i>
<i>Végétation</i>	<i>Vegetation</i>
<i>Bioinformatique</i>	<i>Bioinformatics</i>
<i>Impression 3D</i>	<i>3D printing</i>

Bibliographie commentée

Les structures naturelles et particulièrement celles formées par les êtres vivants font preuves d'une grande complexité qu'il est difficile de représenter dans leur exactitude à l'aide d'objets mathématiques. C'est pour cela qu'il est parfois utile de pouvoir générer des structures approchées mais toutefois réalistes à l'aide d'outils simples. Cette approche est possible dans le cas de la végétation, grâce à l'aspect récursif de la croissance des plantes.

De nombreuses méthodes se sont déjà essayées à la représentation de la végétation. Tout d'abord, on peut étudier les *Iterated Function System* (IFS) [7] qui permettent une représentation précise de tout objet possédant une structure récursive. Cependant, elles restent limitées car le résultat doit être connu à l'avance, ce qui n'est pas le cas lorsqu'on plante une graine à priori.

Une autre méthode possible est l'algorithme de colonisation de l'espace [3][10], algorithme qui considère la compétition pour l'espace comme étant le facteur principal qui détermine la façon dont se répartit la structure de branchage des arbres. L'algorithme consiste à distribuer des points dans un espace clos, et de faire pousser l'arbre vers ces points, en les consommant. L'inconvénient majeur est qu'il n'est pas possible d'obtenir une structure de branchage descendante. Une solution efficace se basant sur la théorie des langages a été proposée par le biologiste Aristid Lindermayer, permettant d'approcher des modèles idéalisés des plantes.

Ces L-systèmes présentent l'avantage d'être simple à prendre en main et donnent des résultats assez réalistes pour peu qu'une règle de dérivation et une méthode d'interprétation soient constructibles à partir du modèle réel. Formellement, un L-système est une grammaire dont la règle de dérivation s'applique sur l'ensemble du mot, et non à des lettres particulières de ce dernier [1][2][4][5][7]. Cela revient donc à caractériser un langage comme l'ensemble des images successives d'un morphisme itéré sur une graine. Les mots de ce langage sont interprétables géométriquement. La règle de dérivation d'un modèle est constructible grâce à un parallèle entre le phénotype de la plante modélisée et la règle de production de celle-ci, ce qui ouvre de nouvelles perspectives.[9]

Cette structure de L-système qui reste basique est néanmoins complexifiable, pour atteindre un niveau plus élevé de réalisme. Ainsi, l'introduction d'une règle de dérivation probabiliste (L-systèmes stochastiques) permet de diversifier le résultat obtenu tout en gardant un modèle de base.[1] L'utilisation d'une grammaire contextuelle permet d'ajouter de la cohérence de croissance dans la plante générée.[1][5] En plus de ces modifications dans la gestion de la dérivation, qui est une modification propre au L-système, il est possible d'adapter l'interprétation qui est faite d'un mot généré. On peut de cette façon modéliser des conditions favorables ou défavorables à la croissance (source d'eau, de lumière, mur qui bloque le développement)[4].

Bien que grossier au premier abord, il est possible de détailler le modèle généré (ombres, génération de veine, transparence et texture réaliste sur les cylindres) pour obtenir un résultat photoréaliste[6]. L'utilisation de cet outil qu'est la structure de L-systèmes et de ses complexifications diverses permet de recréer virtuellement des végétaux, leur croissance et les interactions qu'ils ont avec leur milieu. Ainsi, un groupe de recherches a par exemple pu recréer un végétal disparu et l'écosystème dont il prenait part à partir de l'étude de ses fossiles.[8]

Problématique retenue

Dans un contexte où l'environnement est au centre de nombre de préoccupations, il est important de comprendre les mécanismes qui entrent en jeu dans la croissance des plantes. Il est alors intéressant de pouvoir modéliser informatiquement un végétal et les interactions du milieu influant sur sa croissance.

Objectifs du TIPE

1. L'Etude générale des grammaires et langages formés par les L-systèmes
2. Familiarisation avec les L-systèmes bidimensionnels déterministes ou stochastiques

3. La création d'une interprétation géométrique tridimensionnelle et impression 3D
4. La création d'un modèle se basant sur une plante existante

Pour ma part, je m'occuperai de la création d'une structure permettant de générer des L-systèmes contextuels, puis de l'interprétation du langage dans un logiciel de modélisation (Blender), et enfin j'étudierai le phénotype d'une plante existante afin de créer une règle d'évolution permettant la modélisation de cette plante.

Abstract

This project aims at modeling realistic plants and trees. In order to achieve realistic growing behaviour, we decided to use L-Systems, a form of formal grammar.

By iterating a morphism on a seed word, this structure can create a language whose structure mimics the recursive structure of trees. Words from this language can then be interpreted as the steps of a tree growth. In the interpretation, several influences from the environment can be taken into account like the actions of wind, sun exposure and obstacles.

We finally observed real trees in order to perform a realistic modelisation using L-systems

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] ARISTID LYNDELMAYER, PRZEMYSŁAW PRUSINKIEWICZ : The algorithmic beauty of plants : <http://algorithmicbotany.org/papers/abop/abop.pdf>
- [2] RAWIN VIRUCHPINTU ET NOPPADON KHIRIPET : Real-time 3D Plant Structure Modeling by L-System With Actual Measurement Parameters : http://www.bioquest.org/products/files/13157_Real-time%203D%20Plant%20Structure%20Modeling%20by%20L-System.pdf
- [3] ADAM RUNIONS, BRENDAN LANE, AND PRZEMYSŁAW PRUSINKIEWICZ : Modeling Trees with a Space Colonization Algorithm : <http://algorithmicbotany.org/papers/colonization.egwnp2007.large.pdf>
- [4] KNUT ARILD ERSTAD : L-systems, Twining Plants, Lisp : http://www.vcn.bc.ca/~griffink/lisp_ lsystems.pdf
- [5] PRZEMYSŁAW PRUSINKIEWICZ, MARK HAMMELY, JIM HANANZ, AND RADOMIR MECH : L-SYSTEMS:FROM THE THEORY TO VISUAL MODELS OF PLANTS : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.22.6081>
- [6] MARTIN FUHRER : Hairs, Textures, and Shades: Improving the Realism of Plant ModelsGenerated with L-Systems : <http://algorithmicbotany.org/papers/fuhrer.th2005.pdf>
- [7] PEITGEN, JURGENS ET SAUPE : Chaos and Fractals : p 357 1992 Springer-Verlag
- [8] MARK KOLESZAR : Modelling the Plants and Ecosystem of the Rhynie Chert : <https://prism.ucalgary.ca/handle/11023/2588>
- [9] THOMAS BURT : Interactive Evolutionary Computation byDuplication and Diversification of L-Systems : <https://prism.ucalgary.ca/handle/11023/820>
- [10] VISHAL KOCHHAR : Application of implicit methods to the interactive modeling of trees : <http://algorithmicbotany.org/papers/kochhar.th2010.pdf>

DOT

- [1] *Familiarisation avec la théorie des L-systèmes, utilisation du module turtle de python pour de premiers exemples*
- [2] *Début Janvier : rencontre avec un professionnel de l'impression (Francesco de Comité), et un professeur d'informatique qui a déjà travaillé avec les L-systèmes (Eric Wegrinowsk)*
- [3] *Fin Janvier : premières impressions en 3D non concluantes au laboratoire de SI du lycée*
- [4] *Vers février, changement total de façon de gérer les L-systèmes : programmation orientée objet, L-systèmes paramétriques, ainsi que changement dans l'interprétation géométrique des mots*
- [5] *Etude différents types de L-systèmes améliorant la structure originale et permettant de prendre en compte les interactions entre la plante à construire et l'extérieur*
- [6] *Création d'un L-système à partir d'observations sur une plante réelle synthétisant toutes les améliorations étudiées des L-systèmes*