IBOIS

EPFL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Direction du projet *Research Directors*
Prof. Dr. Yves Weinand,
architecte et ingénieur, IBOIS/EPFL
Prof. Peter Buser,
ingénieur mathématicien, GEOM/EPFL Dr. Eric Tosan,
ingénieur informaticien, LIRIS/Université Lyon (F)

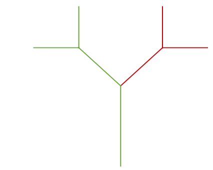
Collaborateurs *collaborators*
Iver Bailly-Salins,
ingénieur mathématicien, GEOM/EPFL
Gilles Gouaty, ingénieur informaticien, IBOIS/EPFL
Ivo Stotz, architecte, IBOIS/EPFL

Financement *funding*
EPFL, SNF

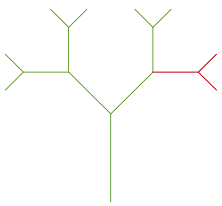
Partenaire industriel *industrial partner*

Période *period*
2005 - 2008

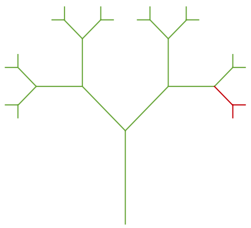
Page web *webpage*
http://fractals-ibois.epfl.ch/
http://ibois.epfl.ch/page12312.html



1



2



3

GÉOMETRIE FRACTALE, MODÉLISATION MATHÉMATIQUE

Les IFS (systèmes de fonctions itérées) appartiennent aux techniques de modélisation dites procédurales. Au lieu de définir des objets de manière explicite, les IFS permettent de définir implicitement des objets arbitrairement complexes et détaillés par la donnée d'une procédure simple permettant d'enrichir itérativement la complexité d'une structure. Les IFS permettent de définir simplement l'aspect d'un objet de sa macrostructure à sa texture la plus fine et de conserver certaines propriétés esthétiques ou mathématiques à toutes les échelles intermédiaires. Ces propriétés d'autosimilarités sont propres à la classe des objets fractals.

Un IFS est défini par un ensemble de transformations applicables récursivement sur les éléments d'un objet. La nature de ces objets, les transformations utilisées, et les règles qui en dictent le mécanisme d'application, sont des variables qui distinguent plusieurs champs particuliers dans le cadre des IFS. Les plus connus sont :

Les Lindenmayer systèmes (images 1, 2, 3), utilisés pour modéliser les phénomènes naturels de croissance.

Les schémas de subdivision (images 4, 5, 6), utilisés pour générer des courbes ou surfaces lisses à partir de structures de contrôle discrètes.

Le formalisme associé aux IFS est récent (BARNSLEY) et appliqué principalement dans des domaines liés à l'informatique graphique.

Le projet de recherche «Géométrie fractale et ses applications dans la construction en bois» regroupe plusieurs compétences provenant du domaine de l'informatique graphique (LIRIS), du domaine des mathématiques (GEOM) ainsi que du domaine de la construction (IBOIS). Chaque personne impliquée dans ce projet est associée à un champ de recherche particulier.

Les défis mathématiques associés à ce projet sont variés: Redéfinir, pour enrichir et combiner les systèmes itératifs déjà utilisés dans la modélisation géométrique (principalement surfaces de subdivision et L-systèmes). Caractériser les structures générées (convergence des systèmes itératifs, existence d'expressions analytiques pour les limites…).

Contrôler les propriétés de ces assemblages d'éléments discrets pour les adapter à la construction (taille des éléments, contraintes d'assemblage, nature et connectivités topologiques...).

Développer les outils logiciels adaptés, mettant à disposition d'utilisateurs non-experts le fruit de cette recherche mathématique pour créer des structures innovantes.

FRACTAL GEOMETRY, MATHEMATICAL MODEL

Iterated function systems belong to procedural modelling techniques. Instead of defining objects explicitly, IFS are used to implicitly define objects of arbitrary complexity and detail by describing a simple procedure which controls an iterative process of refinement of these objects. IFS enable us to define simply and in a coherent manner the aspects of an object from its macrostructure to its finest texture, preserving certain esthetical and mathematical properties all along the intermediate scales. These self-similar properties are specific to fractal objects.

An IFS is defined by a set of transforms recursively applicable to the elements of an object. The nature of these objects, of the transforms used, and of the rules defining the mechanism of their application are variables which distinguish several particular fields in the domain of IFS. The most common are:

Lindenmayer systems used to simulate natural growth phenomena (images 1, 2, 3).

Subdivision schemes used to generate smooth curves and surfaces from discreet control structures (images 4, 5, 6).

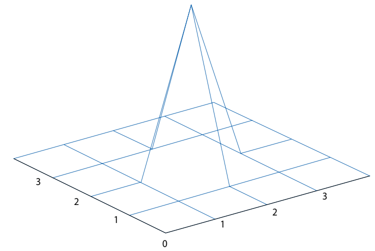
The formalism associated to IFS is recent (BARNSLEY) and used mainly in fields linked to computer graphics.

Several competences are gathered around the research project «Fractal Geometry and its Applications in Timber Construction». The implicated laboratories cover various domains : computer graphics (LIRIS), mathematics (IGAT) and construction (IBOIS). Each person involved in this project is associated to a particular field of research.

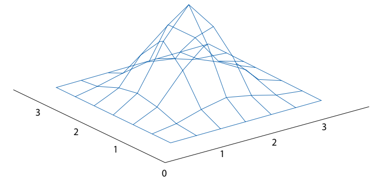
The mathematical challenges associated to this project are various: Redefine in order to unify, enrich and combine the common IFS already used in geometric modelling (principally L-systems and subdivision schemes). Caracterise the generated structures (convergence of the iterative process, existence of an analytical expression for the limit object…).

Control the properties of the assemblies of simple elements within complex virtual structures, with a direct application of this control in real constructions (size of construction elements, assembly constraints, topological connectivity…)

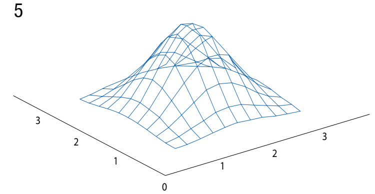
Develop the suitable software tools to be put at a user's disposal to exploit the fruit of the mathematical research underlying the project in a user-friendly and intuitive way to create innovative structures.



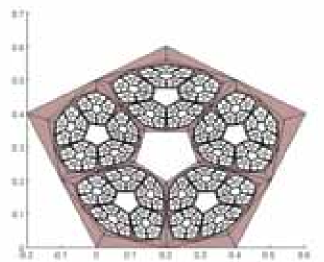
4



5



6



7

8

1-3 Premières itérations d'un système de Lindenmayer simple: des éléments (figurés en rouge) se retrouvent à plusieurs échelles dans la structure générée
4-6 Premières itérations du schéma de subdivision de Catmull-Clark: le maillage généré converge vers une surface dont l'expression analytique est connue (surface spline polynomiale)
7-8 Structures générées par des IFS généralisant et combinant les principes exploités dans les L-systèmes et schémas de subdivision

1-3 First iterations of a simple Lindenmayer system: The parts (shown in red) can be found at different scales of the generated structure
4-6 First iterations of the subdivison scheme of Catmull-Clark: The generated mesh converges to a surface of which the analytical expression is known (polynomial spline surface)
7-8 Figures which have been generated by IFS that generalize and combine the principles on which rely the L-systems and the subdivision schemes