



Laboratoire de Mathématiques et Informatique pour la Complexité et les Systèmes  
MICS

Présente

## L'AVIS DE SOUTENANCE

De **Monsieur Romain PASCUAL**

Laboratoire MICS, CentraleSupélec, Université Paris Saclay, soutiendra publiquement  
ses travaux de thèse de doctorat intitulés :

**"Inference of graph transformation rules for the design of  
geometric modeling operations"**

**Le 29 novembre 2022 à 16h00**

À l'école CentraleSupélec, dans la **salle sc.071** - Bâtiment Bouygues en présentiel et en  
distanciel (pour le présentiel merci de bien vouloir contacter en avance l'assistante du  
Laboratoire à l'adresse mail : [Fabienne.brosse@centralesupelec.fr](mailto:Fabienne.brosse@centralesupelec.fr))

*Si vous souhaitez assister à la soutenance en distanciel, veuillez contacter en avance l'assistante du laboratoire pour obtenir  
le lien.*

### **Membres du jury :**

Guillaume Damiand, Directeur de Recherche CNRS, LIRIS, Université Claude Bernard (Rapporteur)

Reiko Heckel, Professor, University of Leicester (Rapporteur)

Nicolas Behr, Chargé de recherche CNRS, IRIF, Université Paris Cité (Examineur)

Bedrich Benes, Professor, University of Purdue (Examineur)

Céline Hudelot, Professeure, MICS, CentraleSupélec (Examinatrice)

Jean-Luc Mari, Professeur, LIS, Université Aix-Marseille (Examineur)

Pascale Le Gall, Professeure, MICS, CentraleSupélec (Directrice de thèse)

Hakim Belhaouari, Maître de conférence, XLIM, Université de Poitiers (Co-encadrant)

Agnès Arnould, Maîtresse de conférence, XLIM, Université de Poitiers (Co-encadrante)

## **Résumé :**

Dans cette thèse, nous proposons une formalisation des opérations de modélisation géométrique comme des règles de transformation de graphes.

Dans une première partie, nous étudions la conception d'un langage dédié à base de règles. Nous décrivons les modèles combinatoires des cartes généralisées et orientées comme des graphes étiquetés, assujettis à des conditions de cohérence. À cette description topologique, s'ajoute une gestion de la géométrie à l'aide d'attributs. Cette formalisation permet l'étude des opérations de modélisation comme des règles de réécritures de graphes. Cette étude des règles couvre deux aspects : la préservation de la consistance du modèle et la généralité des opérations décrites. La préservation de la consistance est la motivation première pour l'utilisation des transformations de graphes afin de garantir qu'une opération produit des objets bien formés. Nous assurons la préservation de la consistance topologique et géométrique par le biais de conditions syntaxiques vérifiées statiquement sur les règles. Il convient aussi de s'assurer qu'une règle de réécriture est en adéquation avec les opérations usuelles manipulées en modélisation géométrique. En particulier, puisqu'une règle décrit exactement une transformation, nous étendons les règles en schémas de règles afin d'abstraire la topologie sous-jacente. Nous présentons une extension semi-globale de la réécriture usuelle par DPO en incorporant un produit de graphes simulant l'application d'une fonction de renommage.

Dans une seconde partie nous présentons un mécanisme d'inférence d'opérations. Partant du principe qu'une opération peut-être simplement décrite à partir d'un croquis ou d'un exemple, nous proposons de reconstruire des opérations à partir d'un exemple représentatif constitué d'un objet de départ et de l'objet cible. Le mécanisme d'inférence exploite la régularité des cartes généralisées et du langage dédié précédemment défini. Plus précisément, nous envisageons la question de l'inférence d'opérations topologiques comme la construction inverse de la spécialisation d'un schéma de règle vers une opération. La question de l'inférence des modifications géométriques pourrait admettre de multiples solutions, étant donné le type de géométrie et la nature des modifications appliquées. Ici, nous proposons de traiter des transformations affines de valeurs évoluant dans un espace vectoriel que l'on résout comme un problème de satisfaction de contraintes. Nous avons implémenté le mécanisme d'inférence dans Jerboa, une plateforme de conception de modeleurs. La première partie de cette thèse permet ainsi de construire un cadre formel qui est de facto masqué à l'utilisateur, mais demeure nécessaire pour la conception d'opérations de modélisations géométriques via notre mécanisme d'inférence.

## **Abstract:**

In this thesis, we present a formalization of geometric modeling operations as rules from the theory of graph transformation.

First, we investigate the construction of a dedicated rule-based language. We describe the combinatorial models of generalized and oriented maps as labeled graphs, subject to consistency

conditions. This topological representation is coupled with a description of the geometry using attributes. This formalization allows the study of modeling operations such as graph rewriting rules. The rules analysis covers two aspects: the preservation of the model consistency and the genericity of the described operations. Consistency preservation is the primary incentive for using graph transformations. Indeed, modifications of a well-formed object should result in a well-formed object. We ensure the preservation of topological and geometric consistency through syntactic conditions statically checked on the rules. In addition, we ensure that rewriting rules meet the requirements to describe the usual operations used in geometric modeling. In particular, since a rule fully describes a transformation, we extend the rules into rule schemes in order to abstract over the underlying topology. We present a semi-global extension of the usual DPO rewriting by incorporating a graph product simulating the application of a relabeling function.

Secondly, we present a mechanism for the inference of operations. Given that an operation can be simply described from a sketch or an example, we propose to reconstruct operations from a representative example made of an initial and a target object. The inference mechanism exploits the regularity of generalized maps and the dedicated language previously. More precisely, we consider the process of inferring topological operations as the inverse construction of the specialization of a rule scheme into an operation. The inference of geometric modifications could admit multiple solutions, given the type of data and the nature of the modifications applied. Here, we propose to consider affine transformations of values from a vector space, which we solve as a constraint satisfaction problem. We have implemented the inference mechanism in Jerboa, a platform for the design of geometric modelers. The first part of this thesis, therefore, allows building a formal framework that is de facto hidden from the user but is still necessary for the conception of geometric modeling operations via our inference mechanism.