

DISS. ETH NO. 23299

***Point Clouds as a Representative and Performative  
Format for Landscape Architecture***  
*- A Case Study of the Ciliwung River in Jakarta, Indonesia*

A thesis submitted to attain the degree of  
DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZURICH  
(Dr. sc. ETH Zurich)

presented by

LIN Shengwei Ervine

*BA (Arch), MLA, National University of Singapore*

born on *07.11.1981*

citizen of Singapore

accepted on the recommendation of

***Professor Christophe GIROT***

*Chair of Landscape Architecture,  
Department of Architecture (D-ARCH),  
Swiss Federal Institute of Technology in Zurich*

***Associate Professor Puay Yok TAN***

*Programme Director (Acting) for Master of Landscape Architecture,  
Department of Architecture,  
National University of Singapore*

2016

## Abstract

This thesis investigates the opportunities and challenges of using point clouds simultaneously as a representative and performative format for landscape architecture. It does so by applying developed tools and workflows on the ailing Ciliwung River which flows through the capital of Indonesia, Jakarta. The river itself has borne witness to an alarming urban growth with a multitude of factors placing tremendous pressure on it which has resulting in an increase in the frequency and magnitude of the devastating floods. In an attempt to find a possible solution to this, the thesis works within a multidisciplinary team to develop and test different possible flood mitigation scenarios built upon a point cloud workflow.

Point clouds are a digital collection of three dimensional coordinates or points often with additional metadata attached to each point and are a result of emerging reality capture techniques. This new technology allows us to directly digitize the landscape around us thereby completely altering the way in which we obtain topographical and spatial data of our landscapes. The tools developed by the thesis provide the possibility of embedding alternative scenarios into these reality captured base datasets in an attempt to not only visually represent these scenarios but also to directly interface them with quantitative performance models to test their effectiveness. In the process of doing this, it was found that with the current limitations, attempting to create realistic representations of landscape architecture with point clouds is not only a difficult process but also an inefficient one when compared to already established workflows.

In contrast, the thesis discovered that if realistic representations are not required, abstracted point cloud representations can readily integrate with quantitative performance models. The discrete nature of the points and their associated attributes within a point cloud allow analytical models to efficiently retrieve the required coordinate and metadata information from the base dataset. This opens up the possibility for early stage design testing in which multiple alternative scenarios can be tested and cross referenced against each other to find an optimal solution. Two such analytical models were applied; the first being the use a hydrodynamic simulations to test the flood mitigation potentials of the proposed scenarios; the second was the calculation of landscape metrics from which it was hoped that a correlation between the flood simulation results could be established with the quantifiable changes in landscape structure. This however was not the case, while the flood simulations hinted at possible alternatives to the massive canalization plans put forth by the government, the thesis found it challenging to use landscape metrics to inform of any mitigation solutions. Similarly disappointing was the fact that our findings ultimately were unable to alter the fate of the river and canalization works continue as planned.

Still the thesis is optimistic about the potentials of adopting a point cloud workflow and while there are undoubtedly technical difficulties yet to be overcome, it is envisioned that a unified hardware and software ecosystem can be developed around point cloud data. One which allows for point clouds to be efficiently stored and retrieved while allowing for dynamic modifications to the base data which is fully integrated with quantitative testing models. While this reality is yet to be realized, the technology is already mature enough for landscape architects to begin serious considerations into the permanent adoption of point clouds as the three dimensional format which bridges landscape representations with performance testing.

**Keywords:** Point Clouds, Landscape Architecture, Landscape Representation, Landscape Performance

## Abstrait

Cette thèse fait l'étude des opportunités et des défis concernant l'utilisation de nuages de points en tant que schéma représentatif et performant de l'architecture du paysage. Cela a été réalisé en s'appuyant sur des outils et des travaux réalisés sur le Ciliwung, un fleuve mourant qui traverse Jakarta, la capitale de l'Indonésie. Ce fleuve a subi une croissance urbaine importante avec une multitude de facteurs, ce qui a entraîné une augmentation de la fréquence et de l'ampleur des inondations dévastatrices. En tentant de trouver une solution à ces inondations, cette thèse s'inscrit au sein d'une équipe multidisciplinaire pour développer et tester différents scénarios d'atténuation en s'appuyant sur un système à base de nuages de points.

Les nuages de points sont des ensembles numériques de coordonnées tridimensionnelles, ou des points contenant souvent des informations supplémentaires, et qui sont le résultat de nouvelles techniques de capture de la réalité. Cette nouvelle technologie nous permet de numériser directement le paysage autour de nous, changeant ainsi complètement la façon dont nous obtenons les données spatiales et topographiques des paysages. Les outils développés au cours de cette thèse offrent la possibilité d'intégrer des scénarios alternatifs dans ces ensembles de données de base, capturés de la réalité dans l'intention de représenter non seulement ces scénarios visuellement mais aussi de les interfacier directement avec des modèles quantitatifs de performance pour tester leur efficacité. En effectuant ces représentations, il a été constaté qu'avec les limitations actuelles, la tentative de créer des représentations réalistes de l'architecture du paysage avec des nuages de points n'est pas seulement difficile mais également pas suffisamment efficace par rapport aux travaux déjà réalisés.

En revanche, cette thèse montre que si des représentations réalistes ne sont pas requises, les représentations abstraites de nuages de points peuvent facilement s'intégrer à des modèles quantitatifs de performance. La nature discrète des points et de leurs attributs au sein d'un nuage de points permet aux modèles analytiques de récupérer efficacement les informations des coordonnées et des métadonnées requises sur un ensemble de données de base. Cela offre des possibilités pour les tests préliminaires de conception dans lesquels plusieurs scénarios alternatifs peuvent être testés et recoupsés les uns avec les autres de manière à trouver une solution optimale. Deux de ces modèles analytiques ont été appliqués. Le premier est l'utilisation des simulations hydrodynamiques pour tester les atténuations potentielles des inondations des scénarios proposés. Le second concerne le calcul des mesures du paysage, dont on espérait que les résultats de simulations d'inondations pourraient être corrélés avec les changements quantifiables dans la structure du paysage. Ce ne fut cependant pas le cas. Tandis que les simulations d'inondations font allusion à des alternatives possibles aux plans de canalisations massives mises en œuvre par le gouvernement, cette thèse montre que l'utilisation des métriques du paysage pour trouver des solutions d'atténuation est difficile. En fin de compte, les résultats décevants obtenus n'auront pas permis de modifier le sort de la rivière, et les travaux de canalisation se poursuivent.

Malgré tout, cette thèse reste optimiste en ce qui concerne les travaux s'appuyant sur l'utilisation de nuages de points, bien qu'il reste encore plusieurs difficultés techniques à surmonter. Le développement de systèmes combinant à la fois l'électronique et l'informatique ont été envisagés autour de ces techniques. De tels systèmes permettraient de stocker et de restituer efficacement les données des nuages de points, tout en permettant d'effectuer des modifications dynamiques aux données de bases qui sont entièrement intégrées aux modèles de tests quantitatifs. Bien que cette solution ne soit pas encore d'actualité, la technologie est suffisamment avancée

pour que les architectes paysagistes puissent considérer sérieusement d'adopter de manière permanente les nuages de points comme format de représentation tridimensionnel, alliant ainsi les représentations paysagères avec les tests de performance.

**Mots clés:** Nuage de Points, Architecture du Paysage, Représentation du Paysage, Performance de Paysage