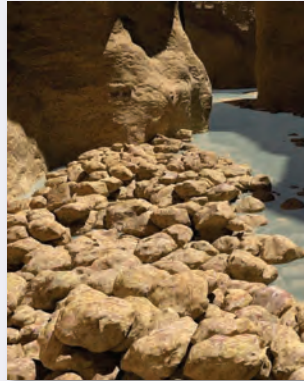


Génération procédurale de mondes virtuels

Eric Galin



COLLÈGE
DE FRANCE
1530

LIRIS **cars**
Université Lumière Lyon 2

27 mars 2015

Contexte et motivation

► Introduction

Terrains

Rivières

Routes

Conclusion

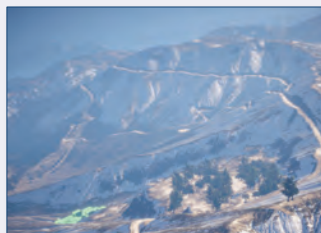
Objectif

Outils pour **contrôler** et **automatiser** la création d'**univers virtuels réalistes**

Applications

Loisirs numériques

Génération d'espaces de jeu et d'univers



Simulation

Entraînement sur des espaces virtuels



Verrous scientifiques et techniques

Variété et nombre élevé d'objets à modéliser

Scènes de **très grande taille** avec des **détails** : **variations d'échelle**

Objets **interagissant**, vieillissement, **variation d'apparence**



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

10^3 mètres

Changements d'apparence au cours du temps

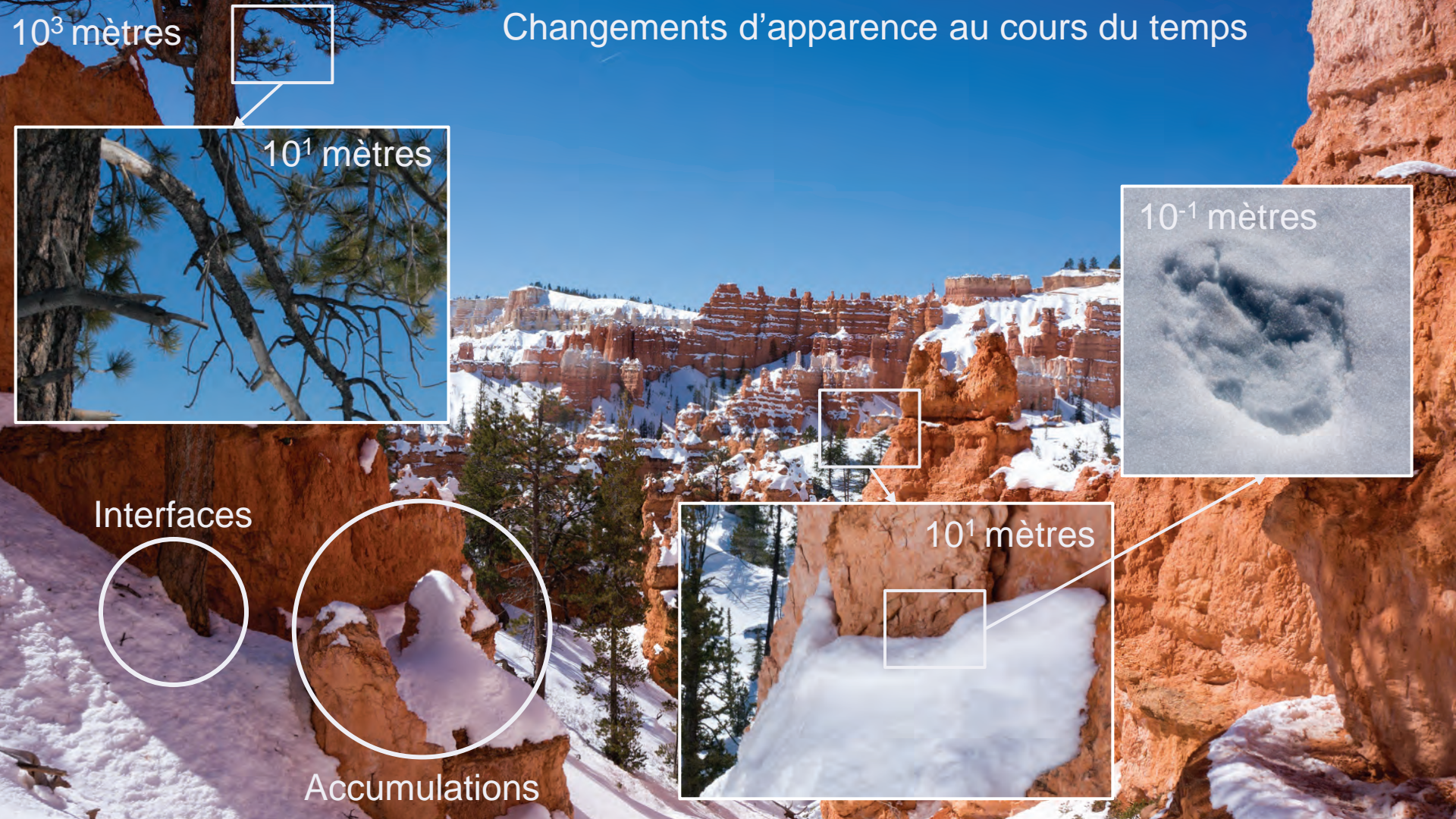
10^1 mètres

10^{-1} mètres

Interfaces

10^1 mètres

Accumulations



Classification des méthodes de création de mondes virtuels

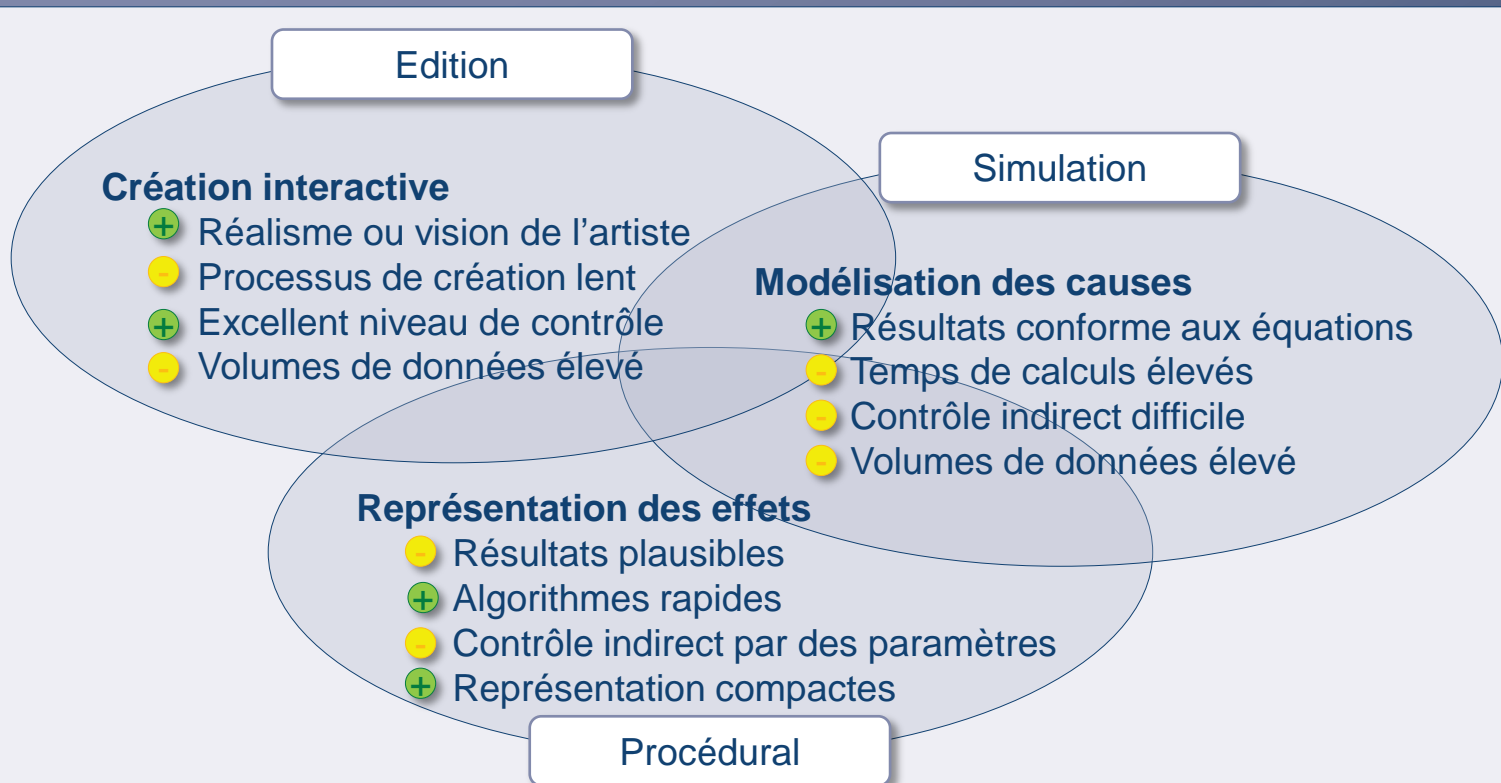
► Introduction

Terrains

Rivières

Routes

Conclusion



Objectif

Outils de **génération** automatique permettant d'aider la créativité



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Plan

► Introduction

Terrains

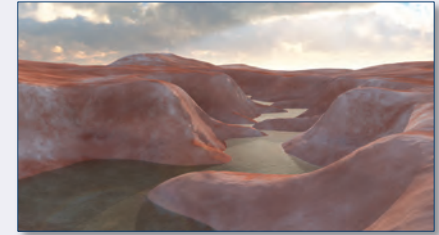
Rivières

Routes

Conclusion

Modélisation de terrains

Construction de **formes** caractéristiques
Définition par des **fonctions**



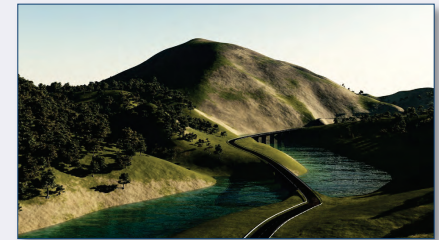
Génération de réseaux hydrographiques

Structures arborescentes et méandres
des rivières



Construction de routes et réseaux routiers

Trajectoires prenant en compte les
formes du terrain



eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Modélisation de terrains



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egaline>

27 mars 2015

Modèles de représentation de terrains

Introduction

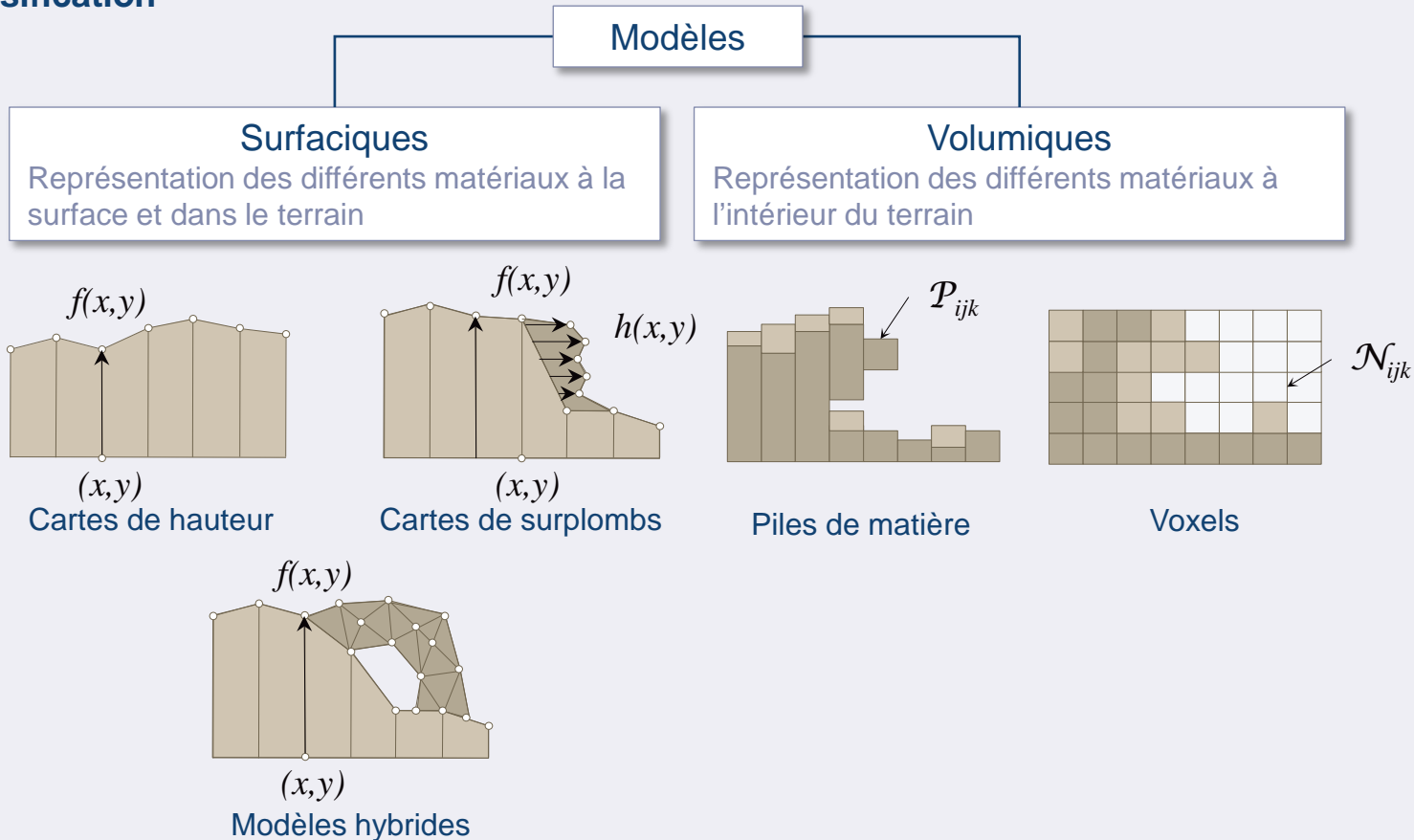
► Terrains

Rivières

Routes

Conclusion

Classification



COLLÈGE
DE FRANCE
1530



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Simulation d'érosion

Introduction

► Terrains

Rivières

Routes

Conclusion

Classification

L'érosion **thermique** crée des sédiments qui se détachent des pentes fortes et se stabilisent après mouvement en fonction de l'angle au repos du matériau

L'érosion **hydraulique** simule le détachement et le transport par l'eau (pluie, rivières)



Courtesy of David Guegain, 2012 (Vue 10 Eon-software + World Machine)

Opérations **coûteuses** sur des terrains de grande taille



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Synthèse de terrains à partir d'exemples

Introduction

▸ Terrains

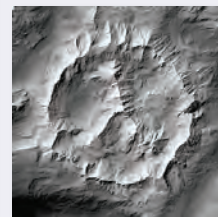
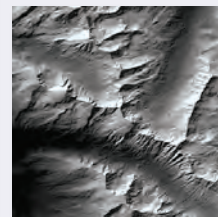
Rivières

Routes

Conclusion

Classification

Combinaison de techniques en analyse d'image et en synthèse de texture



Courtesy of Greg Turk, Computer Graphics Group, Georgia Tech

H. Zhou, J. Sun, G. Turk, J. Rehg. Terrain Synthesis from Digital Elevation Models, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, **13** (4), 834-848, 2007



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

27 mars 2015

Construction par esquisses

Introduction

▸ Terrains

Rivières

Routes

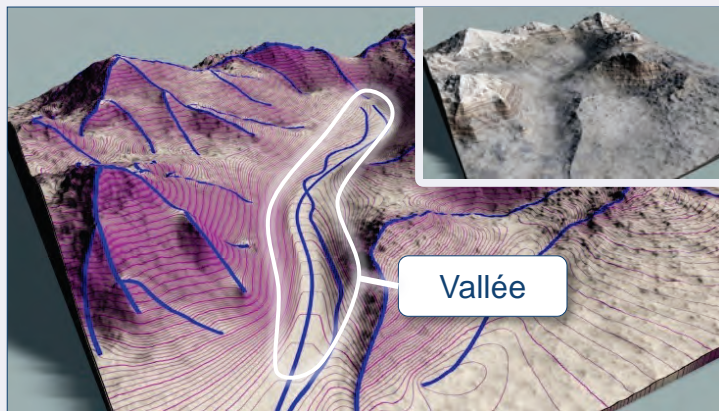
Conclusion

Edition interactive

L'élévation est contrôlée par des courbes de niveau ou des crêtes
Construction d'une surface continue reliant les courbes **par diffusion**

Objectif

Contrôle du placement des caractéristiques du terrain



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

27 mars 2015

Modèles de représentation de terrains

Introduction

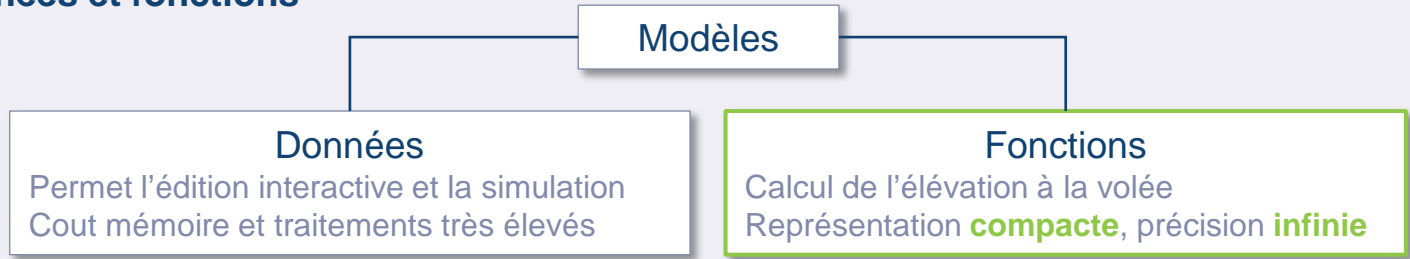
▸ Terrains

Rivières

Routes

Conclusion

Données et fonctions



Terrain 16km×16km
Précision 25cm **limitée**
Matrice 64k×64k ~ **8 Go**



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Génération procédurale

Introduction

▸ Terrains

Rivières

Routes

Conclusion

Représentation des terrains par fonctions

Combinaison de sommes de bruit de Perlin à différentes échelles et fréquences

Objectif

Représentation **compacte** des terrains : quelque 10^1 à 10^2 ko)

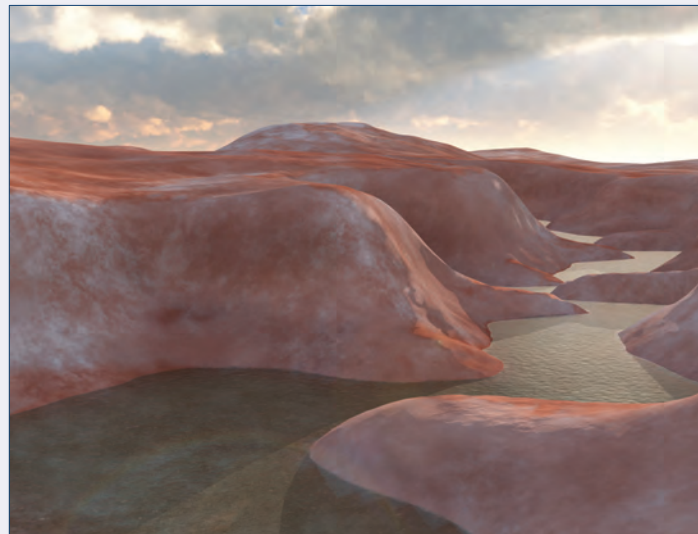
$$z(\mathbf{p}) = \sum_{k=0}^{k=n-1} a(k) \cdot n(\mathbf{p} / f(k))$$

amplitude fréquence

L'amplitude $a(k)$ et la fréquence $f(k)$ sont des fonctions décroissantes de k

$$a(k) = \frac{1}{\alpha^k} \quad f(k) = \varphi^k$$

Challenge : **contrôle** des caractéristiques



D. Ebert, K. Musgrave, D. Peachey, K. Perlin, S. Worley. Texturing and Modeling: A Procedural Approach. Academic Press Professional, 1998.



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

27 mars 2015

Définition d'un modèle de terrain par arbre de construction

Introduction

▸ Terrains

Rivières

Routes

Conclusion

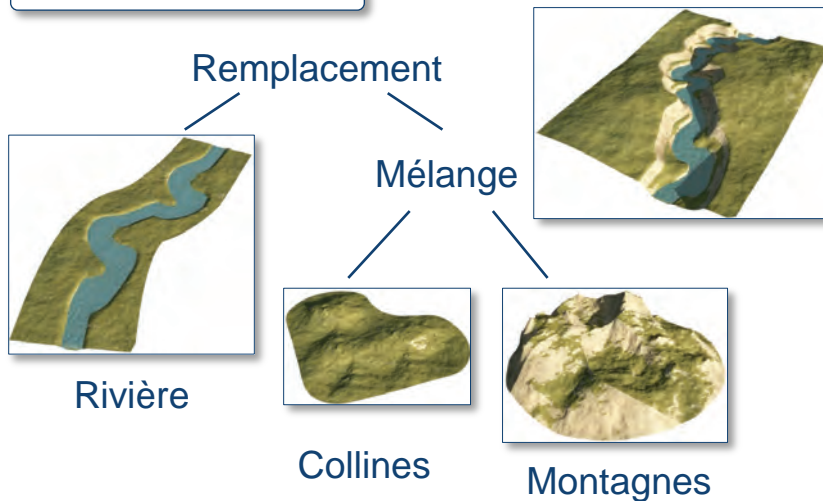
Approche

Arbre de construction **hiérarchique** pour représenter le relief

Proposition

Primitives paramétrées représentant les **caractéristiques** du terrain
Représentation **compacte** multi échelle par **fonctions**

Arbre de construction



Primitives

Domaine de définition

$$\Omega_0 = \{ \mathbf{p} \in \mathbb{R}^2 \mid \alpha(\mathbf{p}) > 0 \}$$

Terrain :

$$\Omega_T = \{ \mathbf{p} \in \mathbb{R}^2 \mid \alpha(\mathbf{p}) > T \}$$



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

27 mars 2015

Montagnes

Introduction

▶ Terrains

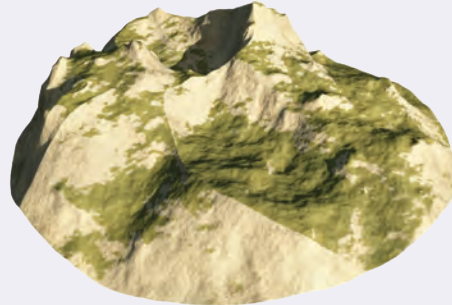
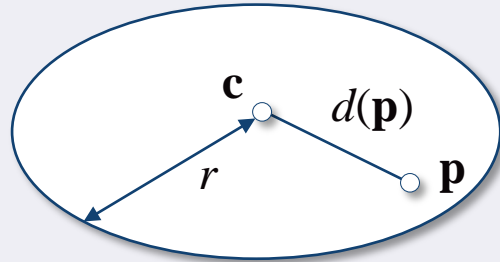
Rivières

Routes

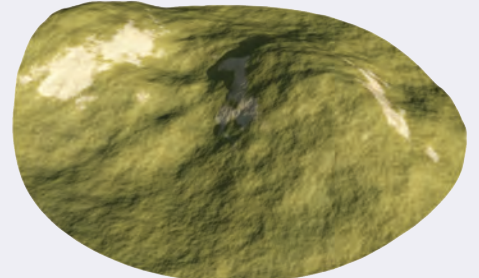
Conclusion

Fonction d'élévation

L'élévation f est une somme de bruits de Perlin à différentes échelles et fréquences
Définition d'une fonction de poids α qui limite le domaine de la primitive



Montagne



Colline

$$f(\mathbf{p}) = \mathbf{c}_z + \sum_{i=0}^{n-1} a_i \eta(\mathbf{p} - \mathbf{c}) s_i$$

Altitude de la primitive

Fonction de bruit procédural paramétrable

$$\alpha(\mathbf{p}) = \begin{cases} \left(1 - \frac{d^2(\mathbf{p})}{r^2}\right)^3 & \text{si } d(\mathbf{p}) < r \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Squelette compact



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Primitives construites à partir de courbes

Introduction

▸ Terrains

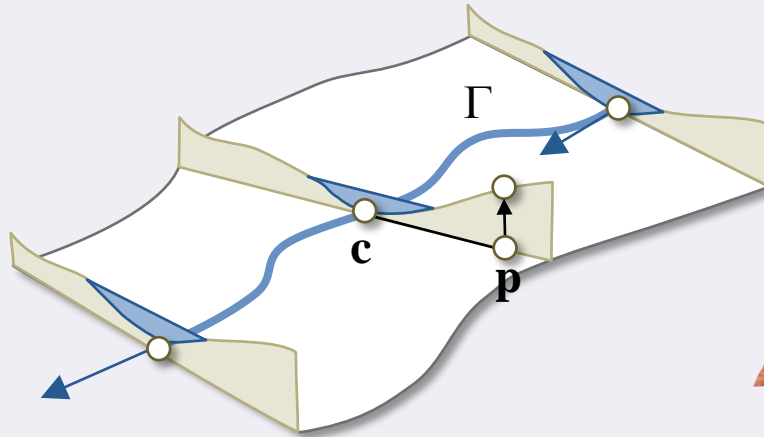
Rivières

Routes

Conclusion

Fonction d'élévation

Paramétrisation le long de la courbe



$$f(\mathbf{p}) = c_z + e(d(\mathbf{p}), u(\mathbf{p})) \quad \alpha(\mathbf{p}) = \alpha(d(\mathbf{p}), u(\mathbf{p}))$$

Altitude de la primitive

Fonction d'élévation

Distance à la courbe Γ

Abscisse le long de la courbe Γ



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Opérateur de mélange

Introduction

▸ Terrains

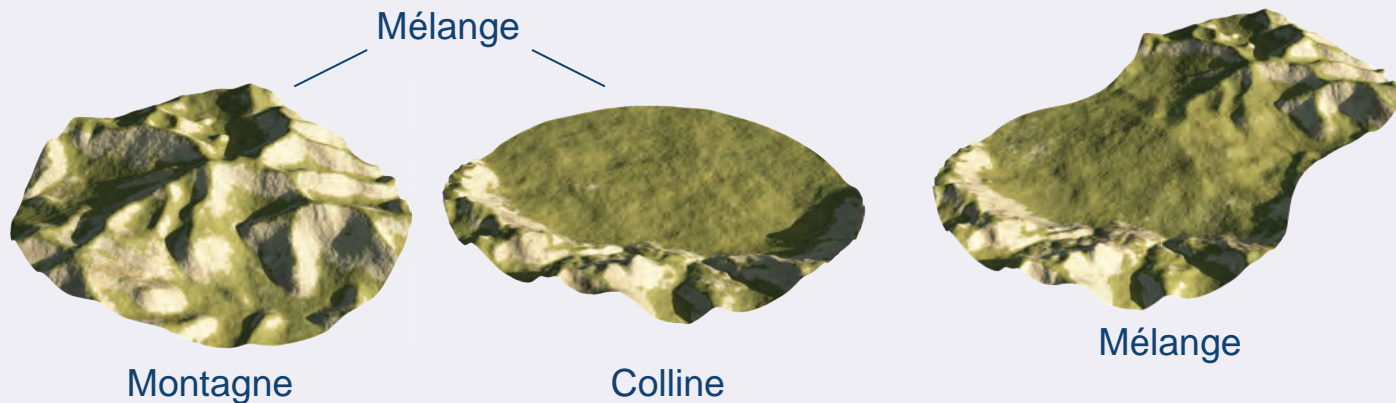
Rivières

Routes

Conclusion

Construction

Opérateur symétrique, n-aire, permettant de combiner de manière continue des morceaux de terrain



$$f_C = \frac{\alpha_A f_A + \alpha_B f_B}{\alpha_A + \alpha_B} \quad \alpha_C = \alpha_A + \alpha_B$$

Intérêt

Le mélange permet de combiner très simplement des éléments de terrain, donc de construire des terrains complexes à partir de formes simples



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Opérateur de remplacement

Introduction

▸ Terrains

Rivières

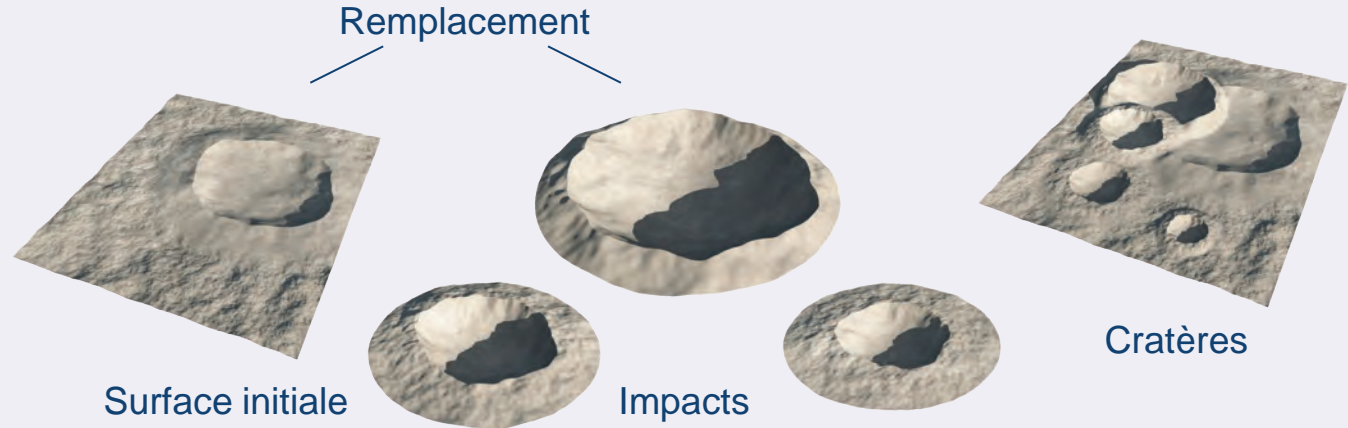
Routes

Conclusion

Construction

Opérateur asymétrique

Permet de sculpter **localement** le relief tout en garantissant un raccord continu



$$f_C = (1 - \alpha_B)f_A + \alpha_B f_B \quad \alpha_C = \alpha_A$$

Intérêt

Construction incrémentale, **contrôle** local de caractéristiques, **creusement** de **rivières** et de canyons, terrassement de **routes**



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Opérateur de déformation

Introduction

▸ Terrains

Rivières

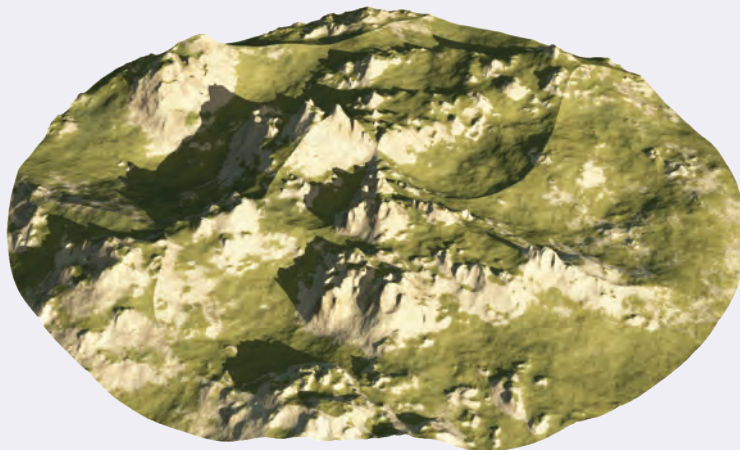
Routes

Conclusion

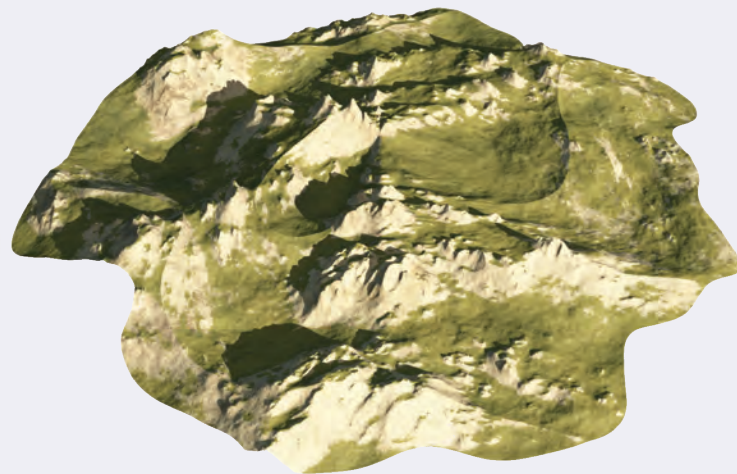
Construction

Opérateur unaire

Permet de déformer continûment le terrain



Terrain initial



Terrain déformé

$$f_C = f_A \circ \omega^{-1}$$

$$\alpha_C = \alpha_A \circ \omega^{-1}$$



COLLÈGE
DE FRANCE
1530



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Instanciacion

Introduction

▸ Terrains

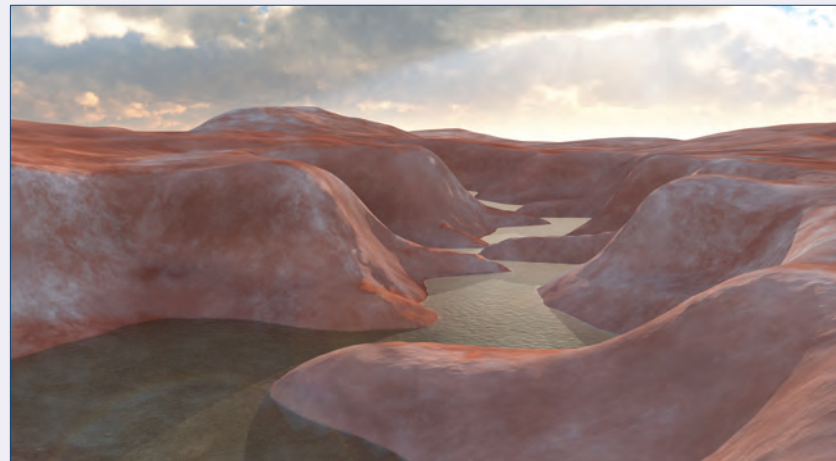
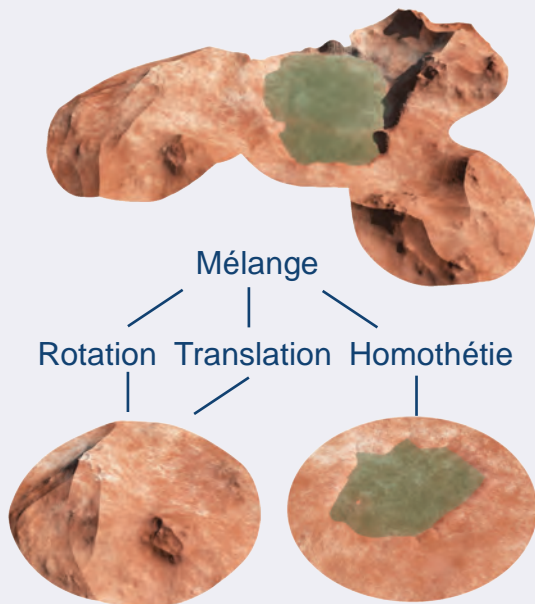
Rivières

Routes

Conclusion

Principe

Optimisation des traitements par la réutilisation d'un même primitive



Intérêt

Permet de représenter efficacement les zones **similaires**
Formes nouvelles par le mélange de la même primitive



COLLÈGE
DE FRANCE
1530



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalain>

Résultats

Introduction

▸ Terrains

Rivières

Routes

Conclusion



Statistiques

Taille	0.35 km ²
Mémoire	19 ko
Temps	550 ms
Evaluations	~ 10 ⁸ (f et α)

Equivalent carte

Précision	15cm limitée
Mémoire	16 Mo



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Résultats

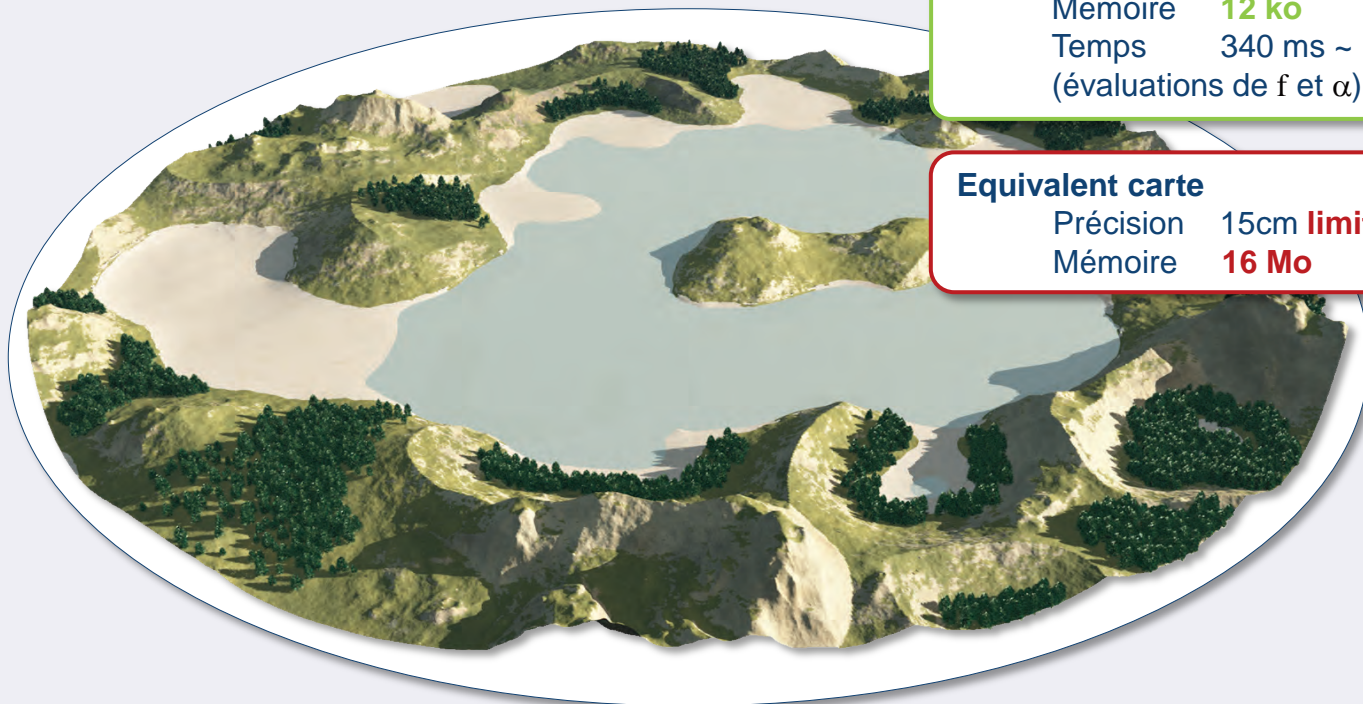
Introduction

▸ Terrains

Rivières

Routes

Conclusion



COLLÈGE
DE FRANCE
1530



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

27 mars 2015

Résultats

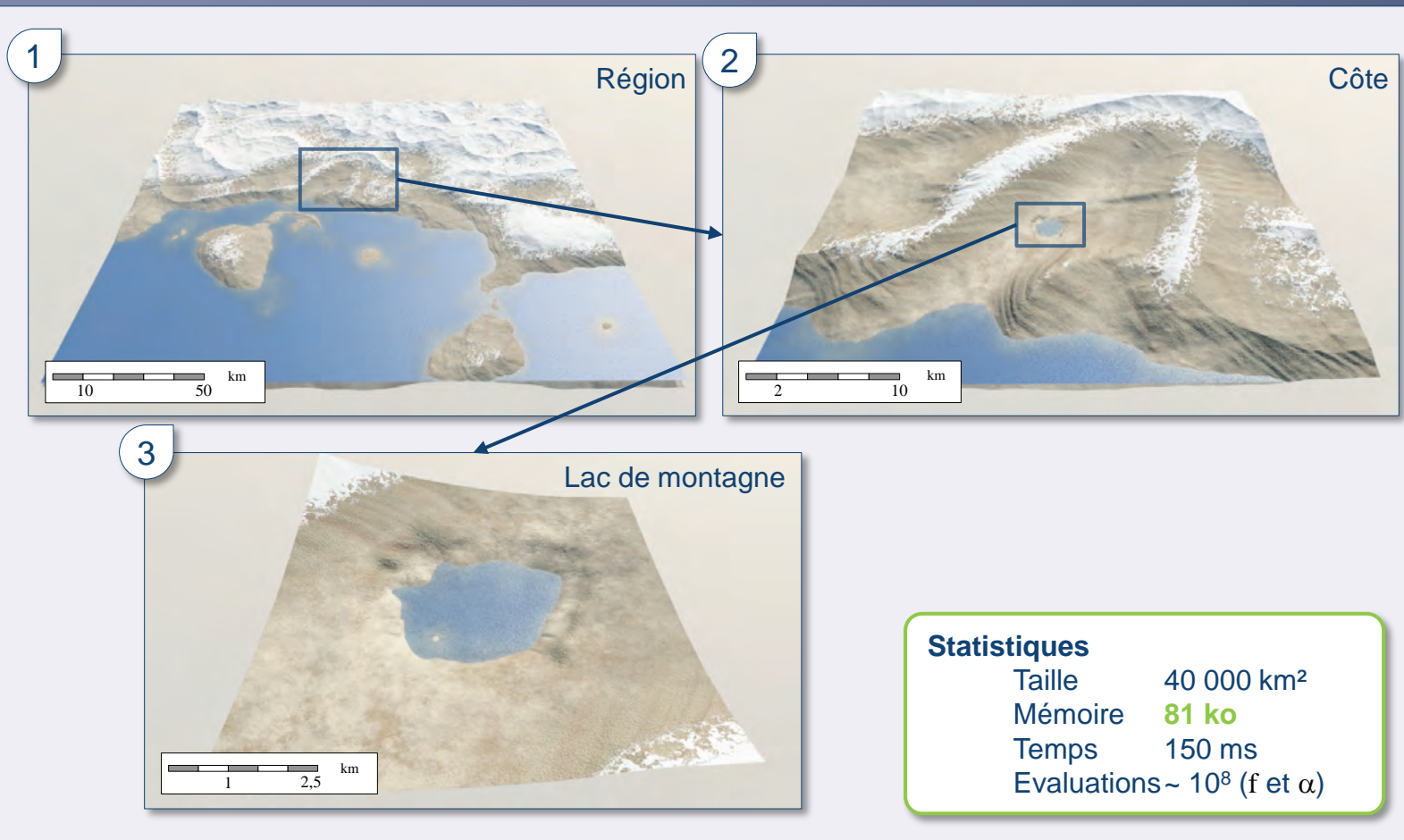
Introduction

► Terrains

Rivières

Routes

Conclusion



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Statistiques	
Taille	40 000 km ²
Mémoire	81 ko
Temps	150 ms
Evaluations	~ 10 ⁸ (f et α)

Résultats

Introduction

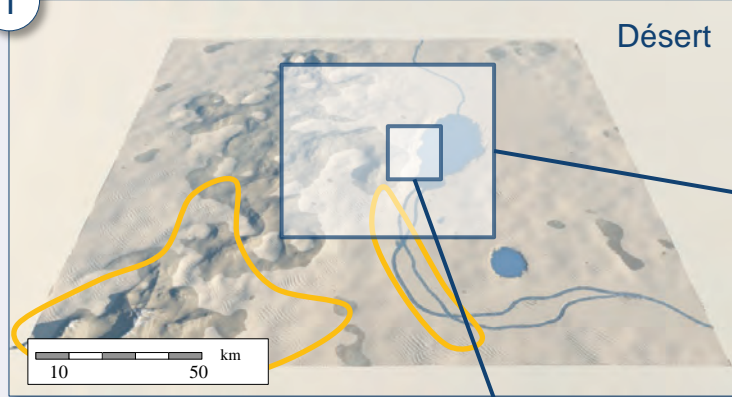
► Terrains

Rivières

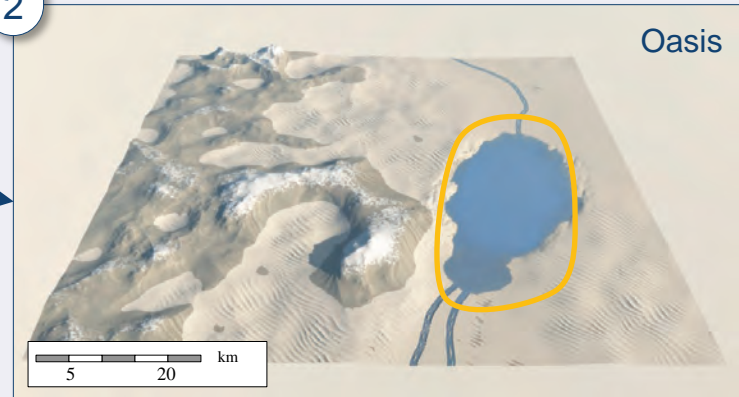
Routes

Conclusion

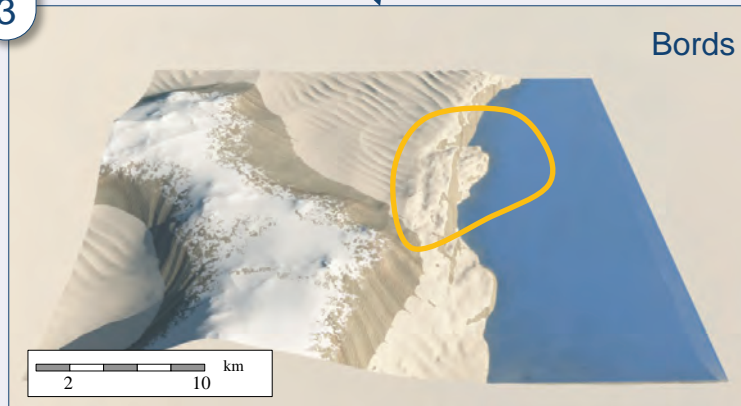
1



2



3



Statistiques

Taille	10 000 km ²
Mémoire	7 ko
Temps	670 ms
Evaluations	~ 10 ⁸ (f et α)



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Modélisation de rivières



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

27 mars 2015

Génération procédurale de rivières

Introduction

Terrains

▶ Rivières

Routes

Conclusion

Challenge : Génération de terrains avec **différents types** de cours d'eau respectant les principes de **l'hydrographie** et avec un haut niveau de **détail**

Proposition

Génération **multi échelle** produisant une représentation par fonctions

Trajectoires

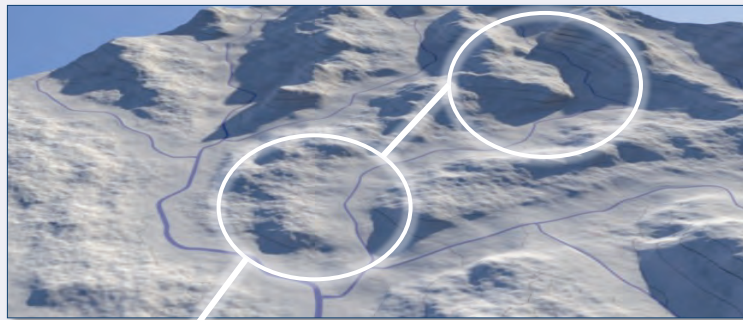
Hydrographie

Echelle : $10^4 \rightarrow 10^1$

Géométrie

Hydro géomorphologie

Echelle : $10^1 \rightarrow 10^{-2}$



Ecoulements et hydrographie



Berges (frontière terre-eau)

Géométrie des jonctions



COLLÈGE
DE FRANCE
1530



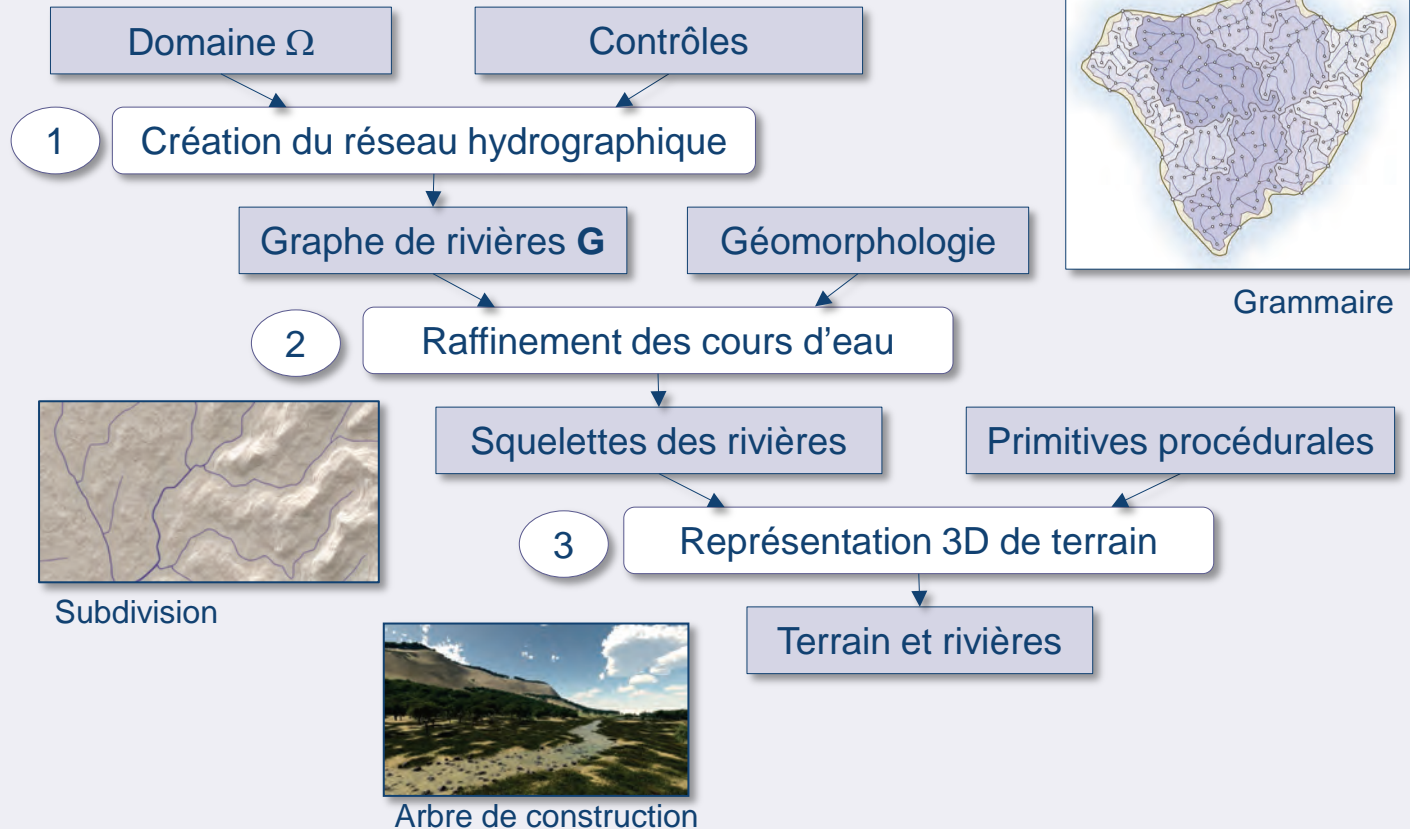
Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Processus de construction

Génération simultanée du terrain et des cours d'eau

Construction en trois étapes



Introduction

Terrains

▶ Rivières

Routes

Conclusion



COLLÈGE
DE FRANCE
1530



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Concepts fondamentaux en hydro géomorphologie

Introduction

Terrains

▶ Rivières

Routes

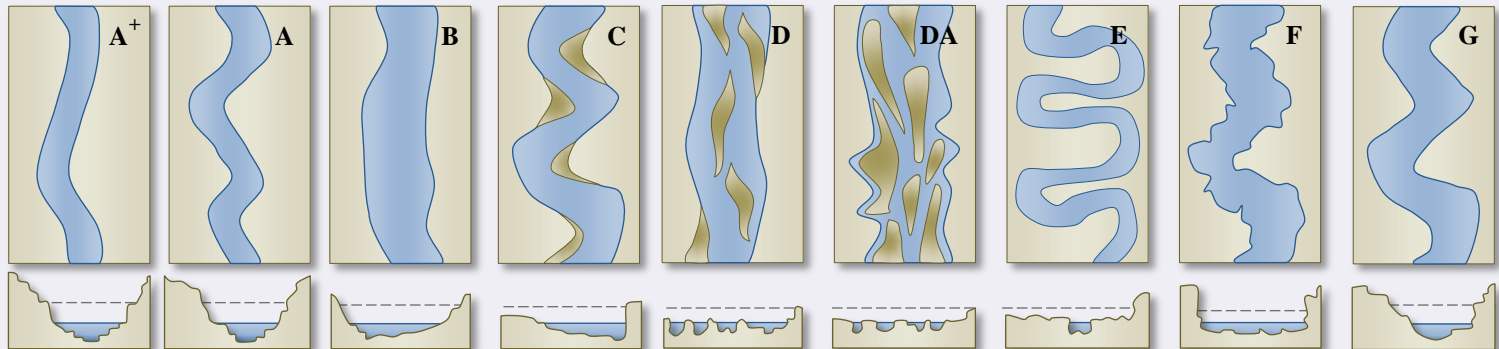
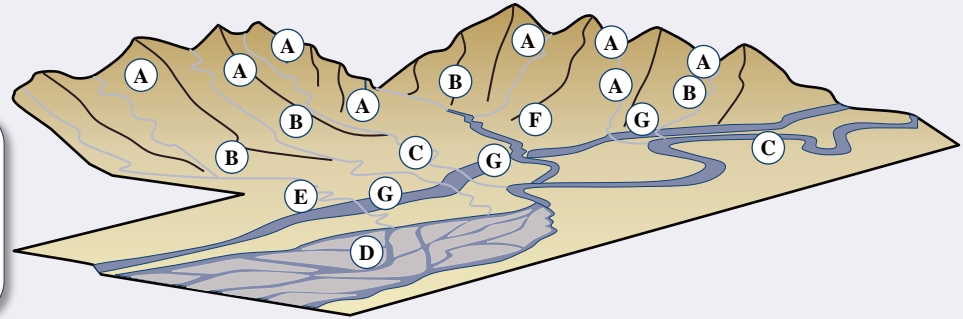
Conclusion

Classification de Rosgen

Les rivières appartiennent à différentes classes selon leurs caractéristiques visuelles (trajectoire, composition du lit de rivière)

Intérêt

Cette classification permet de définir des motifs procéduraux réalistes



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalain>

Construction du réseau hydrographique

Introduction

Terrains

▶ Rivières

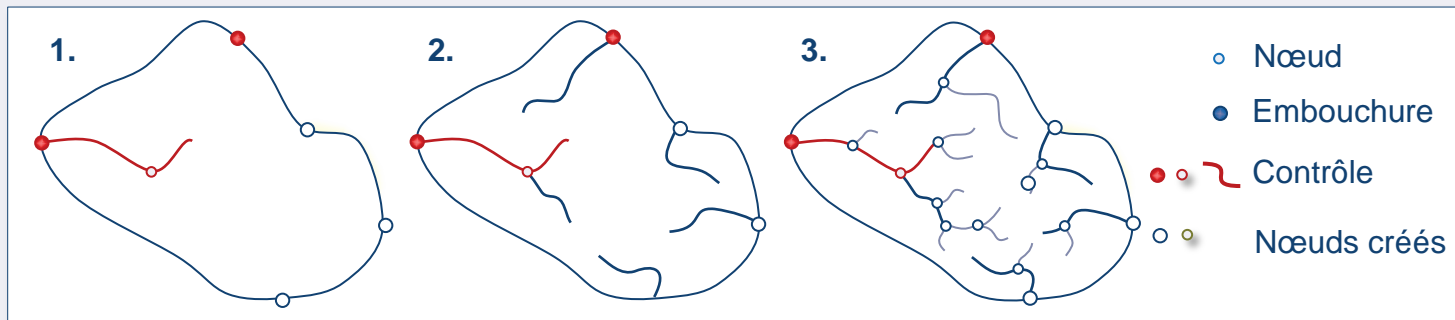
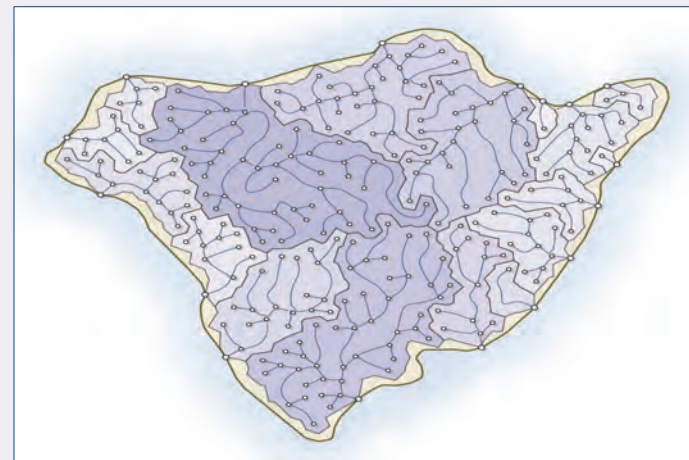
Routes

Conclusion

Conquête de territoire

Grammaire géométrique ouverte,
stochastique

Imitant l'algorithme de Horton-Strahler
pour la construction d'arbres



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>



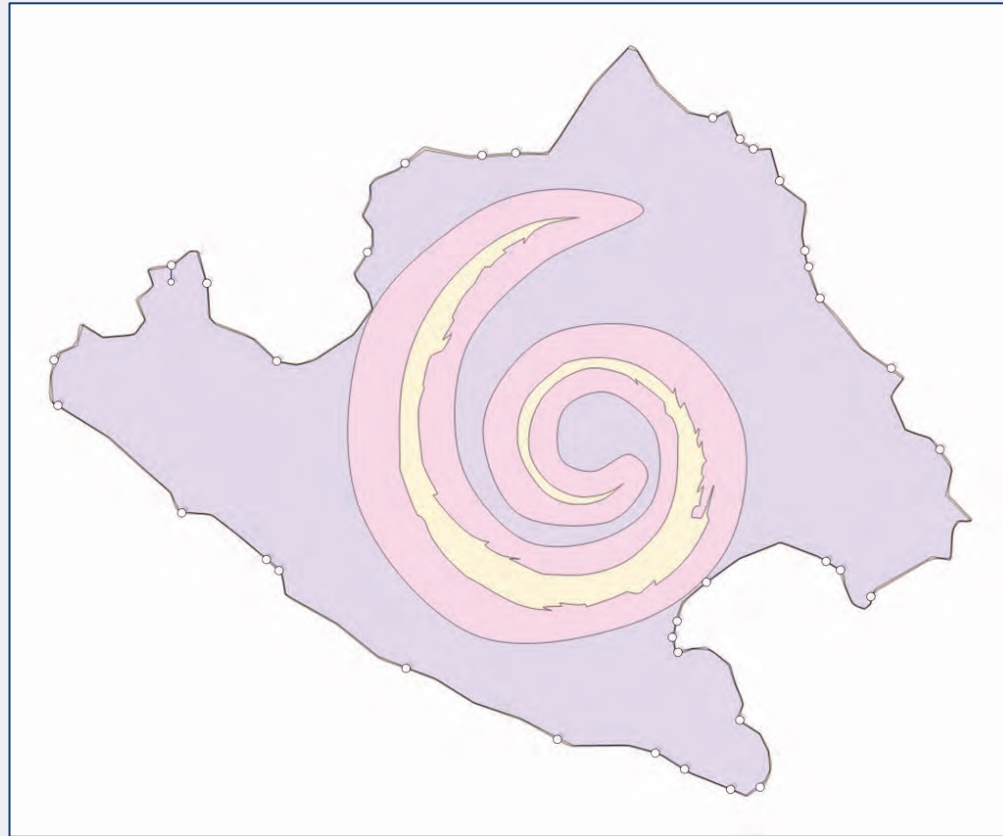
COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>



27 mars 2015

Raffinement des trajectoires

Introduction

Terrains

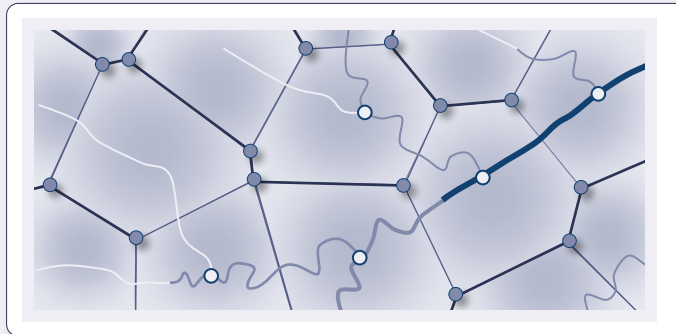
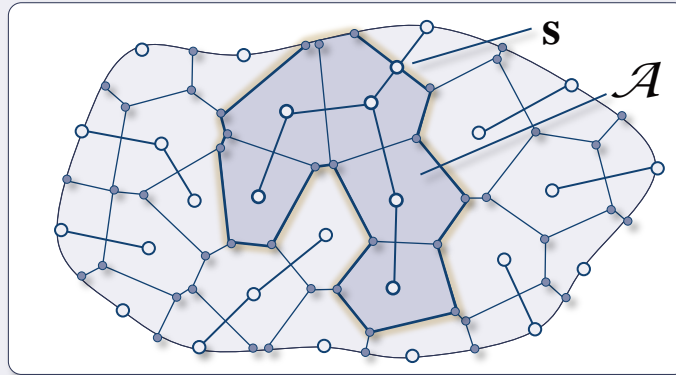
▶ Rivières

Routes

Conclusion

Objectif

Générer des squelettes permettant la génération de l'arbre de construction



Réseau hydrographique

Cellules

Calcul du flot

Crêtes

Typage de Rosgen

Raffinement

Squelettes



COLLÈGE
DE FRANCE
1530



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

27 mars 2015

Réseau hydrographique obtenu

Introduction

Terrains

▶ Rivières

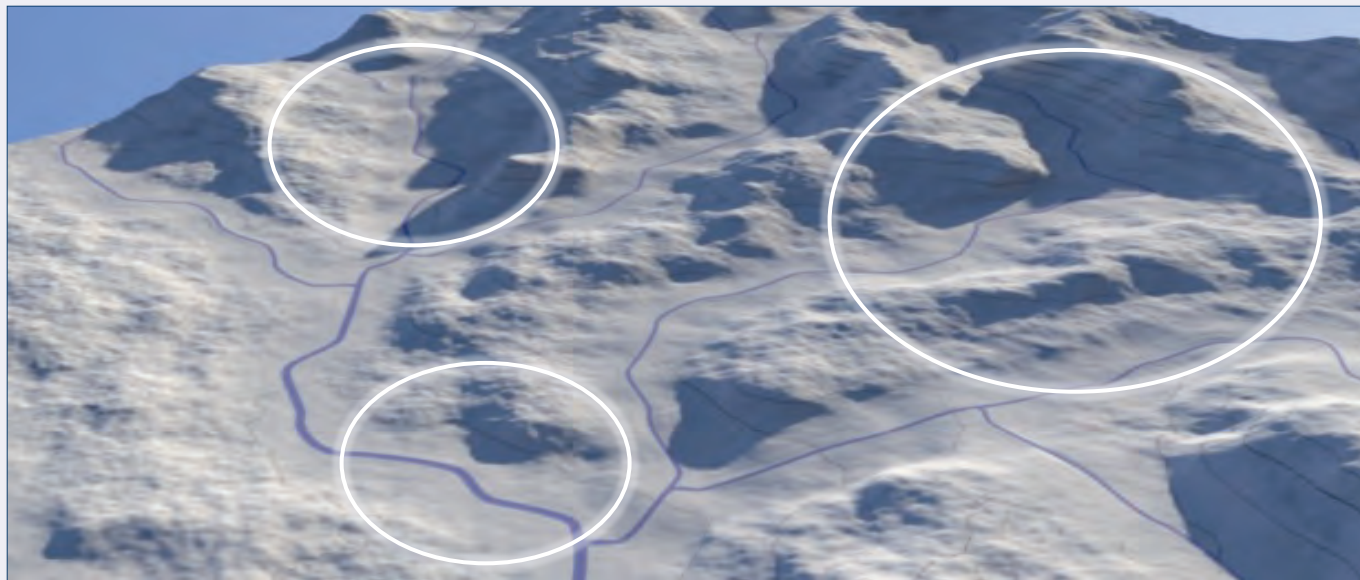
Routes

Conclusion

Réalisme

Création de réseaux hydrographiques complexes

Génération de différents types reliefs



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalain>

27 mars 2015

Génération à haut niveau de détail

Introduction

Terrains

▶ Rivières

Routes

Conclusion

Géométrie des cours d'eau

Modélisation **multi matériaux**

Différentes fonctions $f(\mathbf{p})$ représentant les **couches** de matériaux



Fonctions de densité de végétation

Confluences



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Variété de types de rivières

Introduction

Terrains

▶ Rivières

Routes

Conclusion

Prise en compte de la classification de Rosgen

Modélisation des îlots, des zones sablonneuses et rocheuses par primitives

Instanciation de détails d'après les archétypes paramétrés



Tresses et îlots



COLLÈGE
DE FRANCE
1530



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalain>

27 mars 2015

Variété de types de rivières

Introduction

Terrains

▶ Rivières

Routes

Conclusion

Prise en compte de la classification de Rosgen

Archétypes de formes de rivières : description des **méandres**, des **profils**

Différents types de **matériaux** : zones sablonneuses et rocheuses

Instanciation de détails d'après les archétypes paramétrés



Génération procédurale de rochers associée au type de Rosgen



COLLÈGE
DE FRANCE
1530



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>



27 mars 2015

Modélisation de réseaux routiers



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

27 mars 2015

Génération procédurale de routes

Introduction

Terrains

Rivières

► Routes

Conclusion

Challenge : Génération de **différents types** de routes dont la **trajectoire** s'adapte au relief du terrain, avec des **détails** comme les terrassements et les comblements

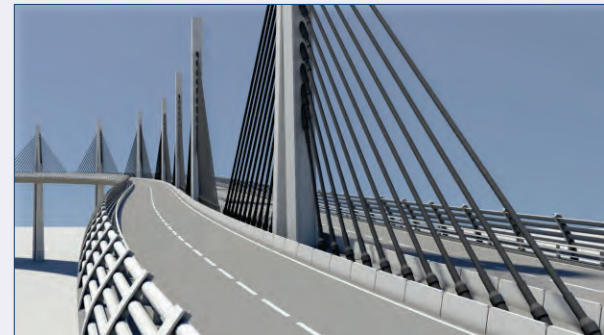
Proposition

Génération d'un **squelette de trajectoire** par la résolution d'un problème de plus court chemin avec une fonction de cout anisotrope



Proposition

Génération procédurale de la géométrie par des **modèles géométriques paramétrés** s'adaptant à l'environnement



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalain>

27 mars 2015

Construction d'une fonction de cout

Introduction

Terrains

Rivières

Routes

Conclusion

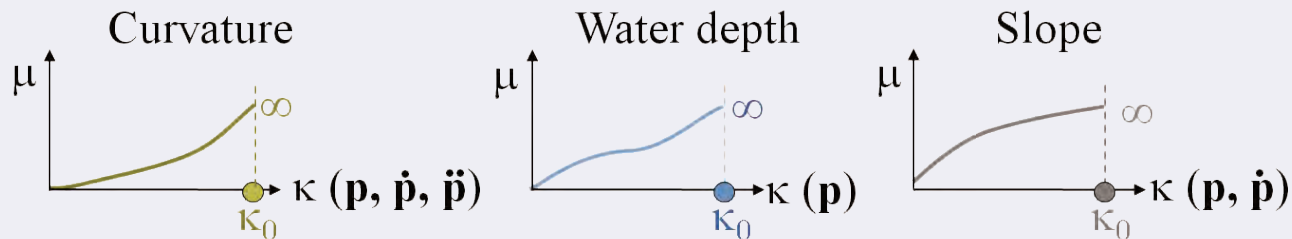
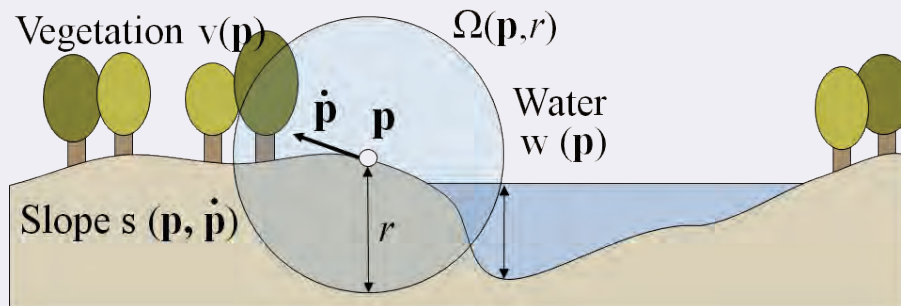
Critères

Fonction permettant le contrôle des trajectoires

$$c(\mathbf{p}, \dot{\mathbf{p}}, \ddot{\mathbf{p}}) = \sum_{i=0}^{i=n-1} \mu_i \circ \kappa_i(\mathbf{p}, \dot{\mathbf{p}}, \ddot{\mathbf{p}})$$

Fonction de transfert

Extraction des caractéristiques



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Construction d'une fonction de cout

Introduction

Terrains

Rivières

► Routes

Conclusion

Généralisation

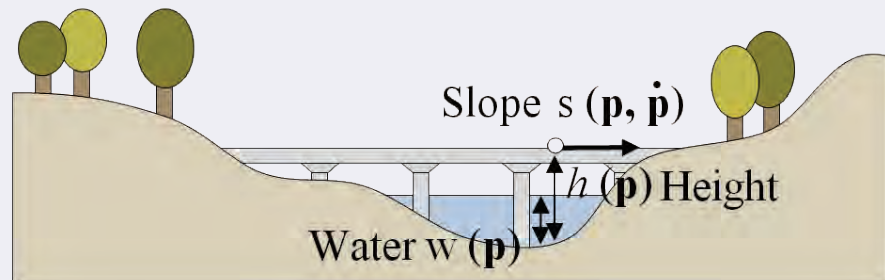
Calcul du coût pour une trajectoire souterraines ou aérienne

Pont

Hauteur $h(\mathbf{p})$

Pente $\dot{s}(\mathbf{p}, \dot{\mathbf{p}})$, eau $w(\mathbf{p})$

Courbure $c_o(\mathbf{p}, \dot{\mathbf{p}}, \ddot{\mathbf{p}})$

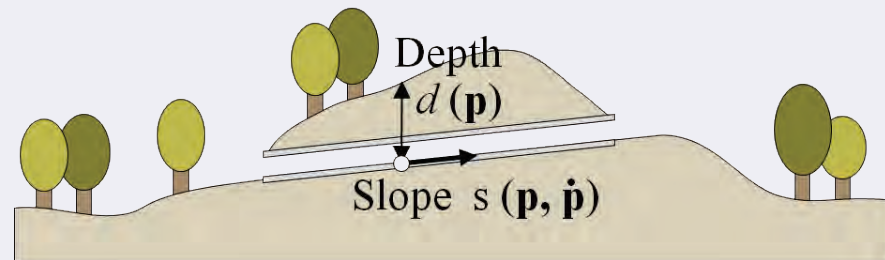


Tunnel

Profondeur $d(\mathbf{p})$

Pente $s(\mathbf{p}, \dot{\mathbf{p}})$

Courbure $c_o(\mathbf{p}, \dot{\mathbf{p}}, \ddot{\mathbf{p}})$



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Recherche de la trajectoire

Introduction

Terrains

Rivières

Routes

Conclusion

Problème

Plus court chemin ρ entre deux points \mathbf{a} et \mathbf{b} minimisant un coût anisotrope

Le chemin solution ρ^* minimise la fonctionnelle
Le cout dépend de la vitesse et de l'accélération

$$C(\rho^*) = \min_{\rho \in \mathcal{P}} C(\rho)$$

$$C(\rho) = \int_0^T c(\mathbf{p}(t), \dot{\mathbf{p}}(t), \ddot{\mathbf{p}}(t)) dt$$

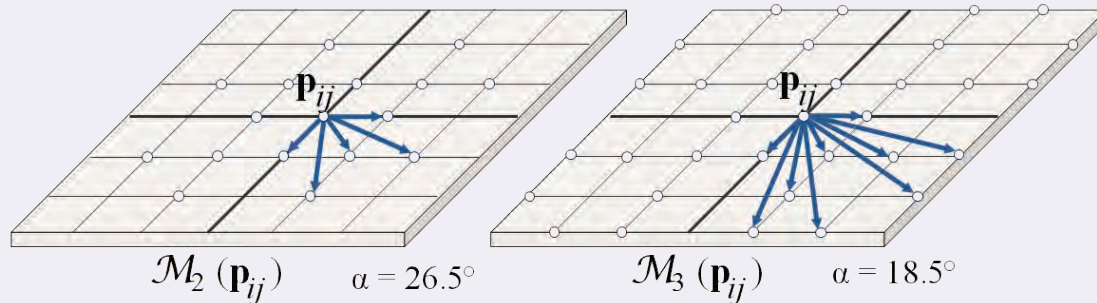
Position

Vitesse

Accélération

Solution discrète

Echantillonnage de l'espace de recherche et utilisation de masques de déplacement



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Influence de l'espace de recherche

Introduction

Terrains

Rivières

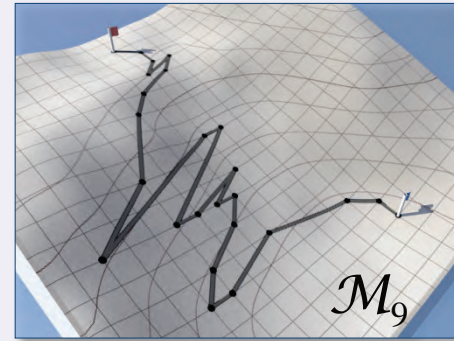
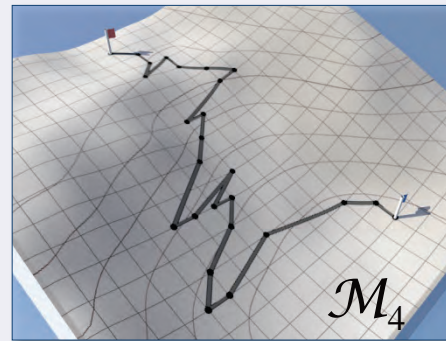
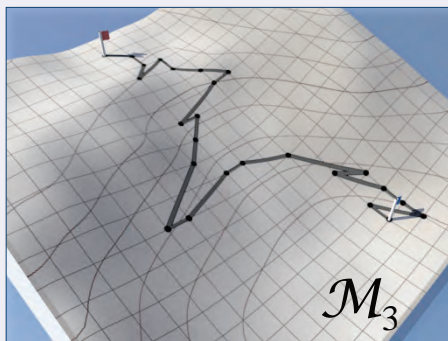
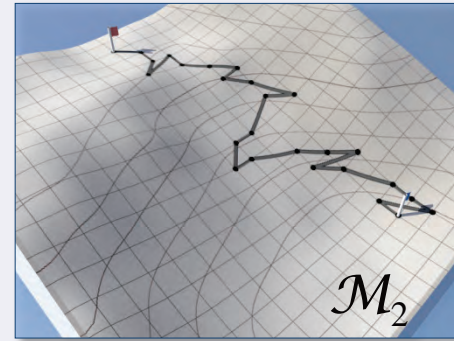
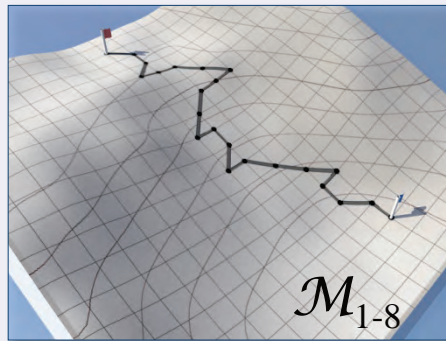
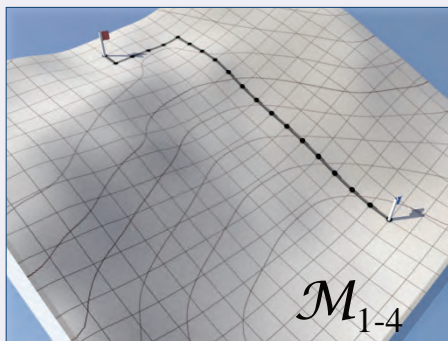
► Routes

Conclusion

Taille du masque

Augmenter la taille du masque augmente la précision

Nombre d'arcs dans le graphe de recherche augmente



COLLÈGE
DE FRANCE
1530



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Terrassement du terrain et génération de la géométrie

Introduction

Terrains

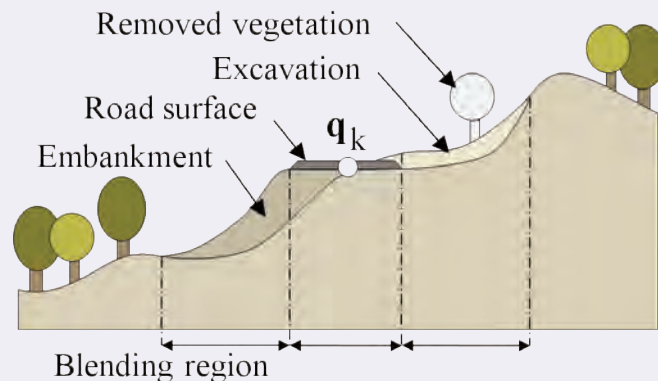
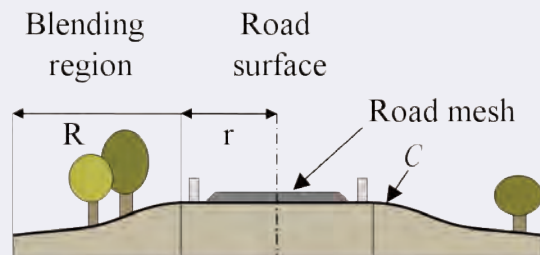
Rivières

► Routes

Conclusion

Terrain

Excavations et terrassement à l'aide de primitives le long de la trajectoire



Ponts, tunnels, routes

Modèles géométriques paramétrés



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Generic procedural models

Bridge model



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

27 mars 2015

Contrôle

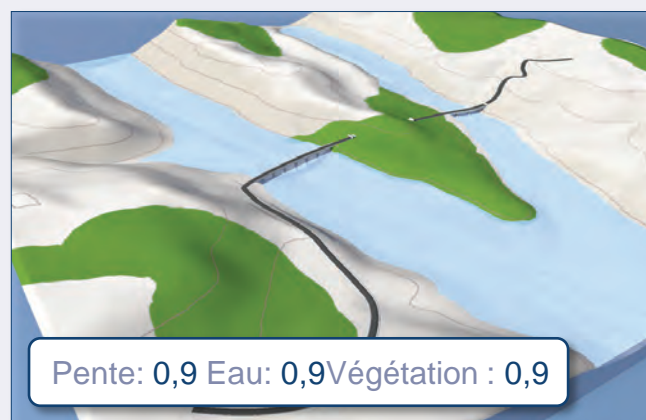
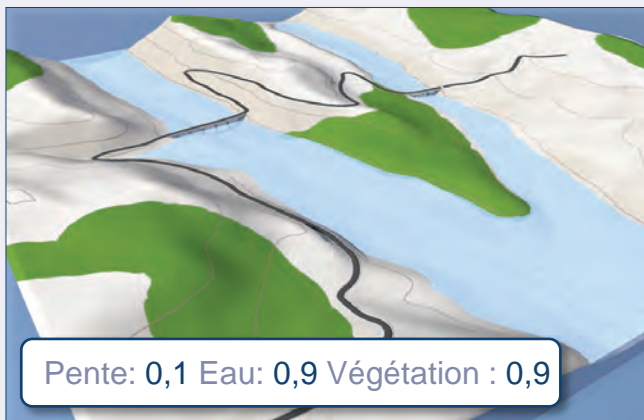
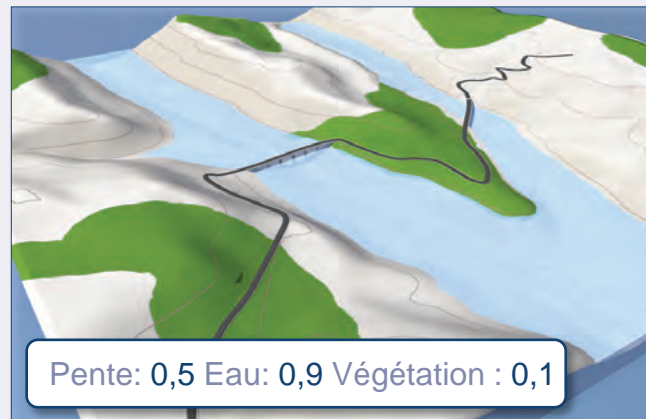
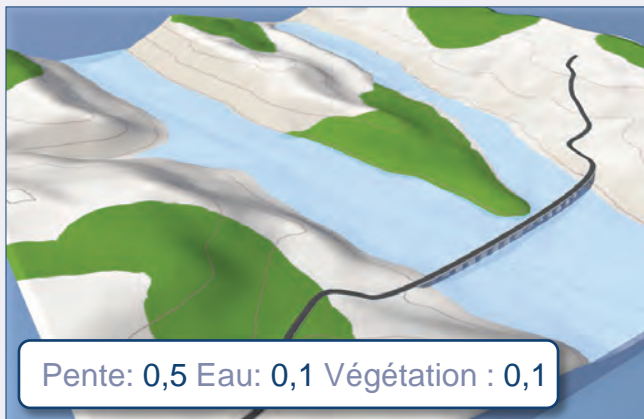
Introduction

Terrains

Rivières

► Routes

Conclusion



COLLÈGE
DE FRANCE
1530



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

27 mars 2015

Résultats

Introduction

Terrains

Rivières

► Routes

Conclusion

Route

Route de montagne avec lacets et évitement des zones boisées



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

27 mars 2015



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

27 mars 2015

Génération procédurale de réseaux routiers

Introduction

Terrains

Rivières

► Routes

Conclusion

Challenge : Génération d'un réseau **hiérarchique** prenant en compte les contraintes du terrain selon les différents types de routes

Proposition

Génération d'un **graphe géométrique** de proximité de **squelettes de trajectoire** par la méthode précédente avec des fonctions de cout correspondant à chaque type de route



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

27 mars 2015

Génération de réseaux routiers

Introduction

Terrains

Rivières

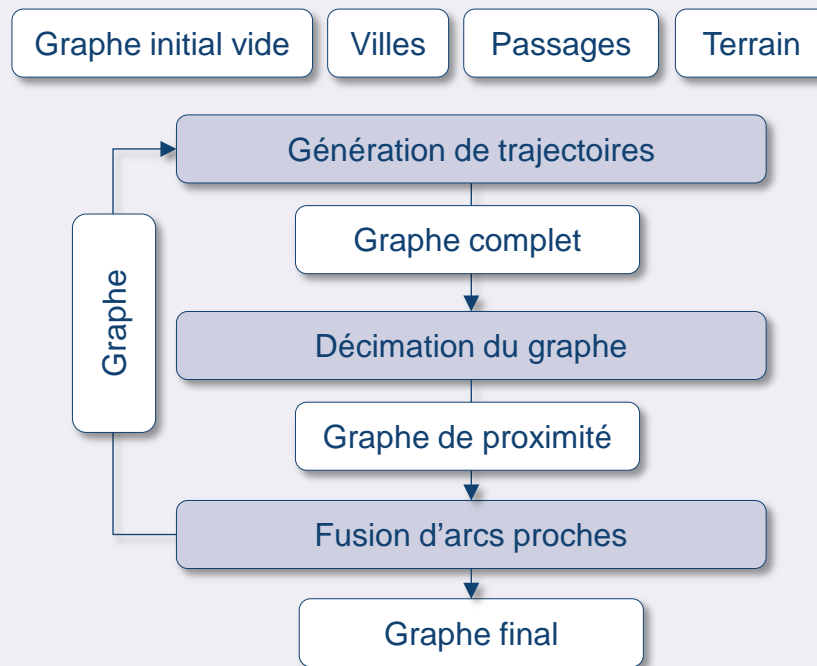
► Routes

Conclusion

Principe

Construction incrémentale des voies selon leur hiérarchique

Sélection des arcs du graphe complet par construction d'un **graphe géométrique** selon une métrique non Euclidienne



COLLÈGE
DE FRANCE
1530



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Contrôle

Introduction

Terrains

Rivières

► Routes

Conclusion

Indirect

Modification de la fonction de coût dans le voisinage des routes déjà créées



Direct

Introduction de points de passage géographiques



COLLÈGE
DE FRANCE
1530



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Introduction

Terrains

Rivières

▸ Routes

Conclusion



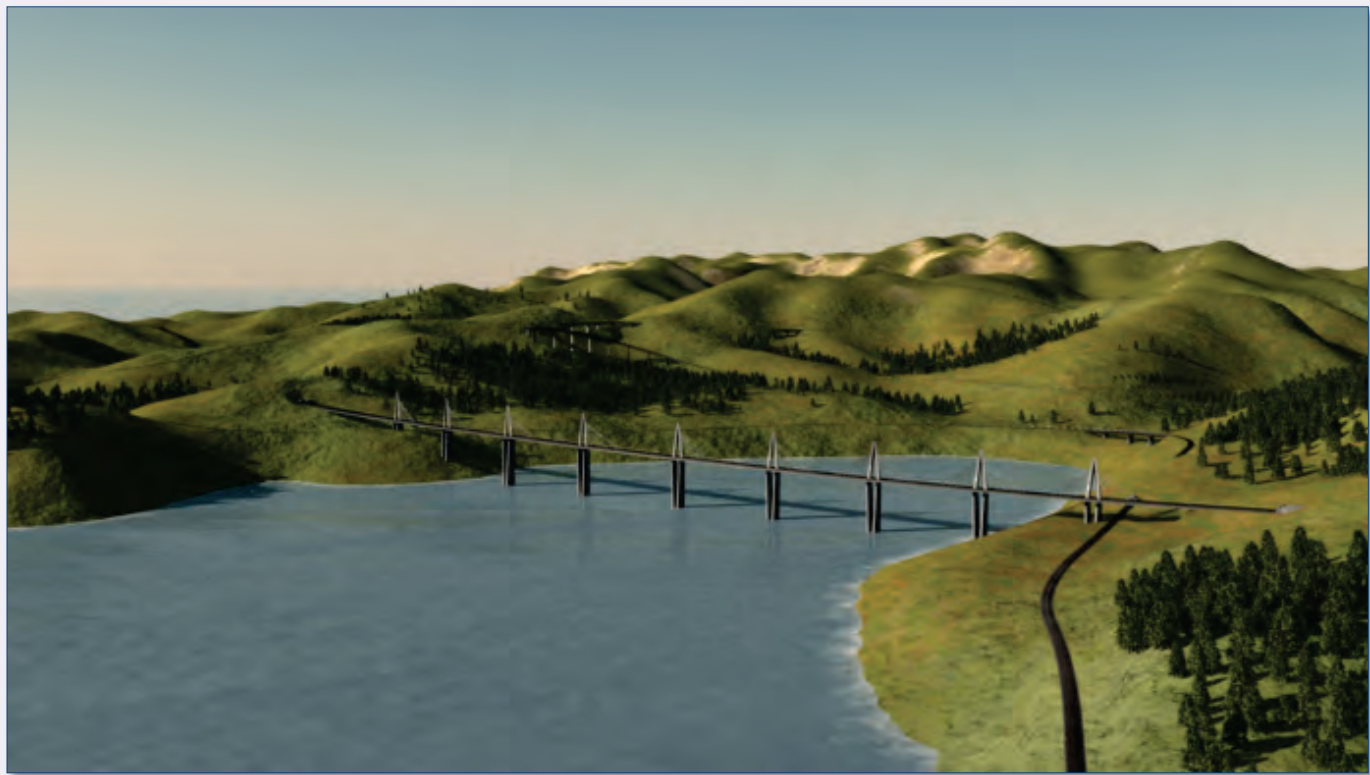
COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>



27 mars 2015

Network and geometry generation



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



Université Lumière Lyon 2

eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

27 mars 2015

Introduction

Terrains

Rivières

Routes

► Conclusion

Modélisation et génération procédurale

Méthodes permettant générer automatiquement des objets complexes

Ne pas remplacer les artistes, mais procurer des outils contrôlables et puissants

Modélisation

Génération des **matériaux** :

effectuer une génération d'objets volumiques et non surfaciques avec les caractéristiques de matériaux

Processus de génération : analyser et inférer les règles de génération à partir de modèles réels (*inverse procedural modeling*)



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalin>

Conclusion

Introduction

Terrains

Rivières

Routes

► Conclusion

Modélisation et génération procédurale

Méthodes permettant générer automatiquement des objets complexes

Ne pas remplacer les artistes, mais procurer des outils contrôlables et puissants

Modélisation

Génération des matériaux :

effectuer une génération d'objets volumiques et non surfaciques avec les caractéristiques de matériaux

Modèles adaptés au rendu :

traitement direct de la génération sur carte graphique, **texture**, **rendu** avec niveau de détail adaptatif

Evolution : changements d'apparence

ou cours du temps, vieillissement, réaction et inter influence entre objets procéduraux

Rendu temps réel

Temps



eric.galin@liris.cnrs.fr
<http://liris.cnrs.fr/~egalain>

Remerciements

Equipe LIRIS GEOMOD

Samir Akkouche

Université Lyon 1

Adrien Peytavie

Université Lyon 1

Eric Guérin

INSA Lyon

Collaborations nationales et internationales

Marie Paule Cani

EVASION, Université de Grenoble

Stéphane Mérillou

XLIM, Université de Limoges

UBISOFT, Paris

Brian Wyvill

Université de Victoria, CA

Bedrich Benes

Université de Purdue, USA



eric.galin@liris.cnrs.fr

<http://liris.cnrs.fr/~egalin>