

# Génération et édition de terrains de synthèse

Lev-Arcady SELLEM

30/08/2017

école \_\_\_\_\_  
normale \_\_\_\_\_  
supérieure \_\_\_\_\_  
paris-saclay \_\_\_\_\_



Introduction

Subdivision  
fractale

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Conclusion

# Sommaire

## 1 Introduction

L'équipe GEOMOD

État de l'art

Cadre du stage

## 2 Subdivision fractale

Principe

Travail effectué

Résultats

## 3 Aggrégation limitée par diffusion

Principe

Travail effectué

Résultats

## 4 Conclusion

Introduction

L'équipe GEOMOD  
État de l'art  
Cadre du stage

Subdivision  
fractale

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Conclusion

## 1 Introduction

L'équipe GEOMOD

État de l'art

Cadre du stage

## 2 Subdivision fractale

## 3 Aggrégation limitée par diffusion

## 4 Conclusion

# L'équipe GEOMOD

Composition de l'équipe :

- 11 chercheurs et enseignants-chercheurs
- 9 doctorants
- 15 anciens doctorants, ingénieurs et stagiaires

# L'équipe GEOMOD

## Composition de l'équipe :

- 11 chercheurs et enseignants-chercheurs
- 9 doctorants
- 15 anciens doctorants, ingénieurs et stagiaires



Éric Guérin  
Maître de Conférences



Éric Galin  
Professeur des  
Universités

Introduction

L'équipe GEOMOD

État de l'art

Cadre du stage

Subdivision  
fractale

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Conclusion

# Domaines de recherche

- Reconstruction 3D
- Analyse et traitement de maillage ou formes discrètes
- Modélisation à base procédurale

Introduction

L'équipe GEOMOD

État de l'art

Cadre du stage

Subdivision  
fractale

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Conclusion

# État de l'art

Utilité de la génération de terrains de synthèse :

- Jeux vidéos
- Effets spéciaux cinématographiques
- Simulateurs de vol
- Entraînement de logiciels

# État de l'art

Utilité de la génération de terrains de synthèse :

- Jeux vidéos
- Effets spéciaux cinématographiques
- Simulateurs de vol
- Entraînement de logiciels

Méthodes actuelles :

- Raffinement d'esquisses manuelles
- Simulations physiques
- Génération procédurale

Introduction

L'équipe GEOMOD  
État de l'art  
Cadre du stage

Subdivision  
fractale

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Conclusion

# Cadre du stage

- 7 semaines (01/06/2017 – 21/07/2017)

Introduction

L'équipe GEOMOD  
État de l'art  
Cadre du stage

Subdivision  
fractale

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Conclusion

# Cadre du stage

- 7 semaines (01/06/2017 – 21/07/2017)
- Stage à deux (en principe)

Introduction

L'équipe GEOMOD  
État de l'art  
Cadre du stage

Subdivision  
fractale

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Conclusion

# Cadre du stage

- 7 semaines (01/06/2017 – 21/07/2017)
- Stage à deux (en principe)
- GEOMOD sait ajouter du contrôle utilisateur  
par-dessus un processus de Diamond-Square.

# Objectifs du stage

Initialement :

- Extension à d'autres procédés de génération
- Modification du processus de génération après une analyse statistique de terrains réels
- Identification de propriétés de terrains réels

# Objectifs du stage

Initialement :

- Extension à d'autres procédés de génération
- Modification du processus de génération après une analyse statistique de terrains réels
- Identification de propriétés de terrains réels

En cours de route :

- Étude des réseaux hydrographiques
- Génération de terrains à partir de ces réseaux

Introduction

Subdivision  
fractale

Principe  
Travail effectué  
Résultats

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Conclusion

## 1 Introduction

## 2 Subdivision fractale

Principe

Travail effectué

Résultats

## 3 Aggrégation limitée par diffusion

## 4 Conclusion

Terrain = carte de hauteur

Introduction

Subdivision  
fractale

Principe  
Travail effectué  
Résultats

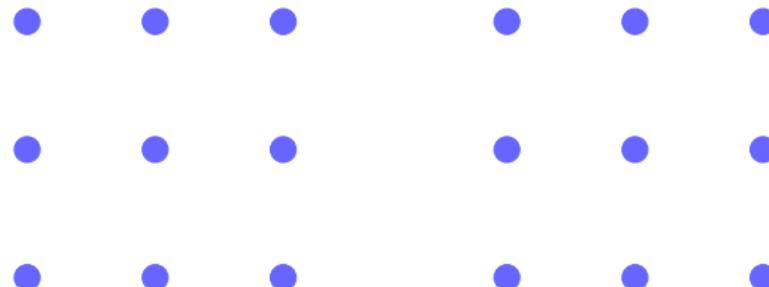
Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Conclusion

# Principe<sup>1</sup>

Terrain = carte de hauteur

- Initialisation d'une carte



Diamond-Square

Square-Square

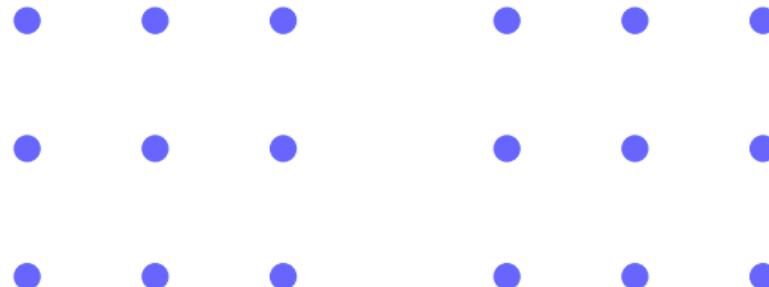
---

1. MILLER, « The Definition and Rendering of Terrain Maps »

# Principe<sup>1</sup>

Terrain = carte de hauteur

- Initialisation d'une carte
- Ajout de nouveaux points



Diamond-Square

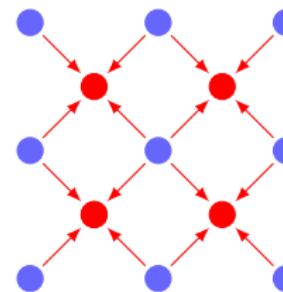
Square-Square

1. MILLER, « The Definition and Rendering of Terrain Maps »

# Principe<sup>1</sup>

Terrain = carte de hauteur

- Initialisation d'une carte
- Ajout de nouveaux points



Étape Diamond

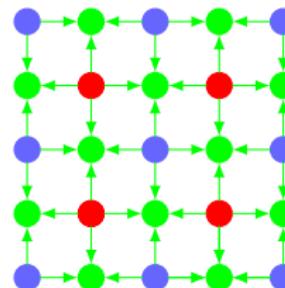


Square-Square

# Principe<sup>1</sup>

Terrain = carte de hauteur

- Initialisation d'une carte
- Ajout de nouveaux points



Étape Square



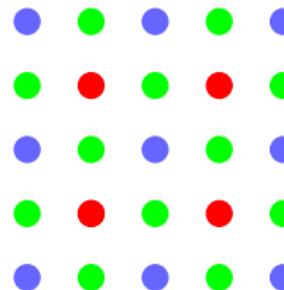
Square-Square

1. MILLER, « The Definition and Rendering of Terrain Maps »

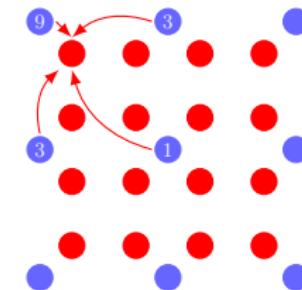
# Principe<sup>1</sup>

Terrain = carte de hauteur

- Initialisation d'une carte
- Ajout de nouveaux points



Étape Square

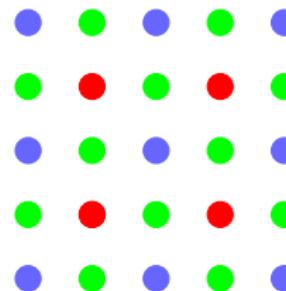


Étape Square-Square

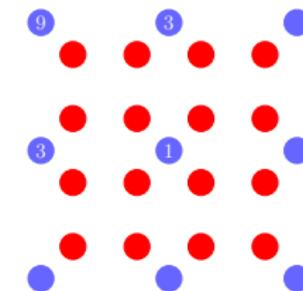
# Principe<sup>1</sup>

Terrain = carte de hauteur

- Initialisation d'une carte
- Ajout de nouveaux points
- Appel récursif



Étape Square

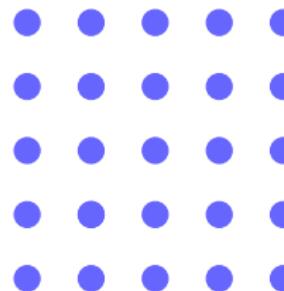


Étape Square-Square

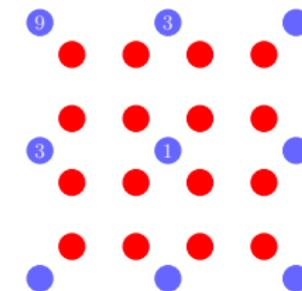
# Principe<sup>1</sup>

Terrain = carte de hauteur

- Initialisation d'une carte
- Ajout de nouveaux points
- Appel récursif



Diamond-Square

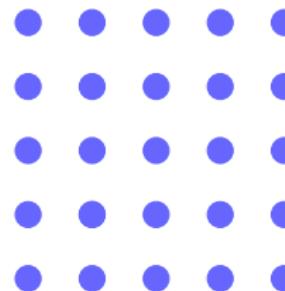


Étape Square-Square

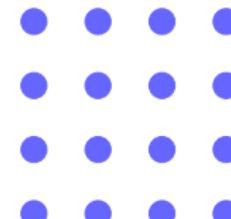
# Principe<sup>1</sup>

Terrain = carte de hauteur

- Initialisation d'une carte
- Ajout de nouveaux points
- Appel récursif



Diamond-Square



Square-Square

Introduction

Subdivision  
fractale

Principe  
Travail effectué  
Résultats

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Conclusion

## Travail effectué

- Mise à jour de l'outil existant pour utiliser le Square-Square
- Analyse statistique de terrains réels  
Adaptation du Diamond-Square
- Adaptation d'une méthode de la littérature<sup>2</sup>  
Réseaux de rivières/crêtes aberrants



Réseaux proposés par Belhadj

- 
2. BELHADJ, « Modeling Landscapes with Ridges and Rivers : Bottom Up Approach »

Introduction

Subdivision  
fractale

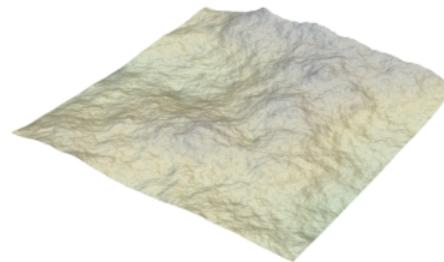
Principe  
Travail effectué  
Résultats

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Conclusion

# Résultats

- Lois statistiques peu exploitables



Diamond-Square



Simulation grossière  
d'érosion

Introduction

Subdivision  
fractale

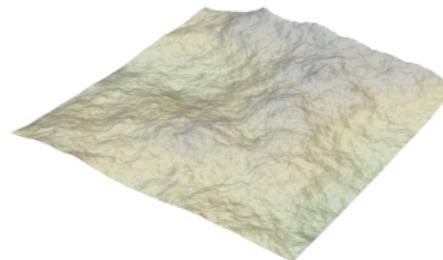
Principe  
Travail effectué  
Résultats

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

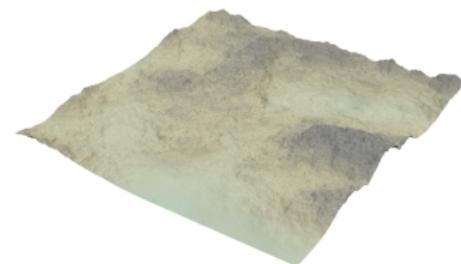
Conclusion

# Résultats

- Lois statistiques peu exploitables



Diamond-Square



Simulation grossière  
d'érosion

- Abandon de la méthode de Belhadj

Introduction

Subdivision  
fractale

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
Travail effectué  
Résultats

Conclusion

## 1 Introduction

## 2 Subdivision fractale

## 3 Aggrégation limitée par diffusion

Principe

Travail effectué

Résultats

## 4 Conclusion

Introduction

Subdivision  
fractale

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

**Principe**  
Travail effectué  
Résultats

Conclusion

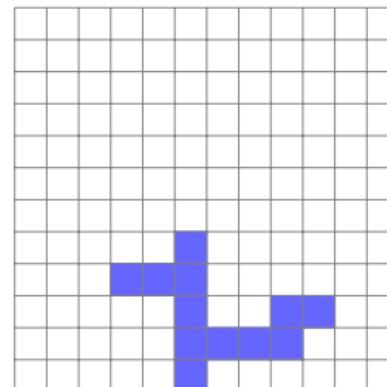
# Principe

## Construction d'un réseau hydrographique

# Principe

## Construction d'un réseau hydrographique

- Ensemble de graines

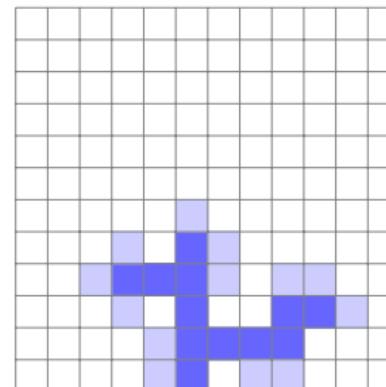


Processus de DLA

# Principe

## Construction d'un réseau hydrographique

- Ensemble de graines
- Conditions d'aggrégation

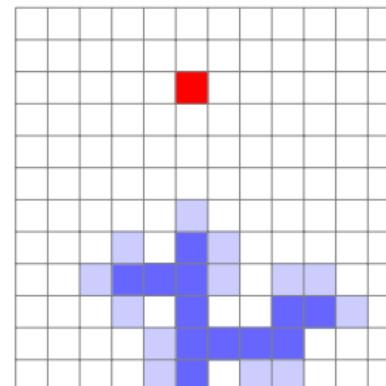


Processus de DLA

# Principe

## Construction d'un réseau hydrographique

- Ensemble de graines
- Conditions d'aggrégation
- Ajout de nouvelles graines

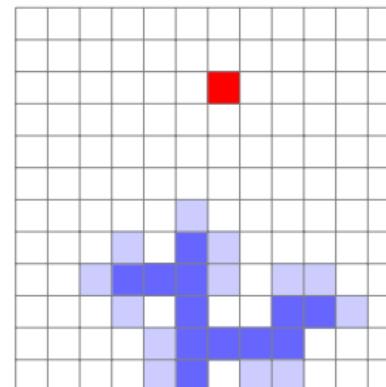


Processus de DLA

# Principe

## Construction d'un réseau hydrographique

- Ensemble de graines
- Conditions d'aggrégation
- Ajout de nouvelles graines

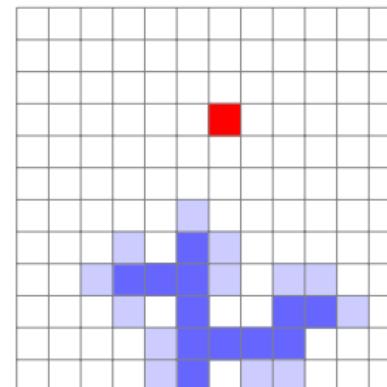


Processus de DLA

# Principe

## Construction d'un réseau hydrographique

- Ensemble de graines
- Conditions d'aggrégation
- Ajout de nouvelles graines

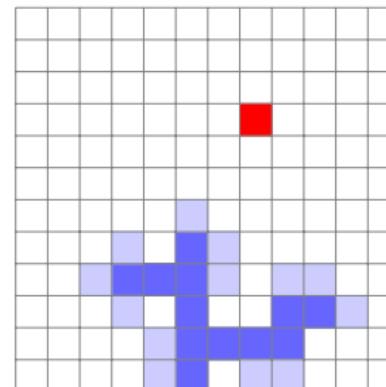


Processus de DLA

# Principe

## Construction d'un réseau hydrographique

- Ensemble de graines
- Conditions d'aggrégation
- Ajout de nouvelles graines

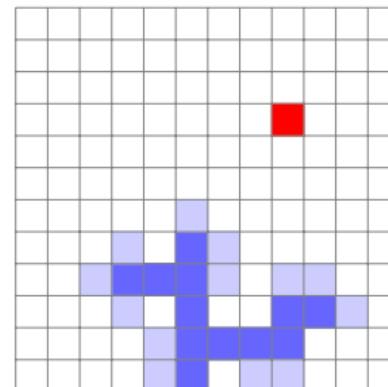


Processus de DLA

# Principe

## Construction d'un réseau hydrographique

- Ensemble de graines
- Conditions d'aggrégation
- Ajout de nouvelles graines

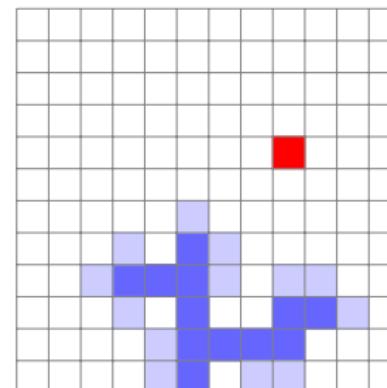


Processus de DLA

# Principe

## Construction d'un réseau hydrographique

- Ensemble de graines
- Conditions d'aggrégation
- Ajout de nouvelles graines

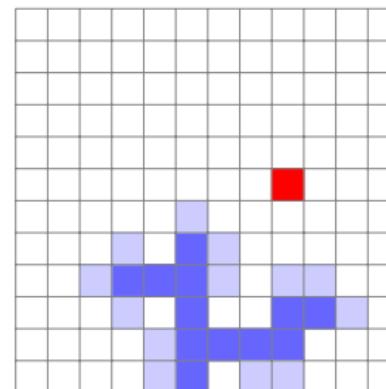


Processus de DLA

# Principe

## Construction d'un réseau hydrographique

- Ensemble de graines
- Conditions d'aggrégation
- Ajout de nouvelles graines

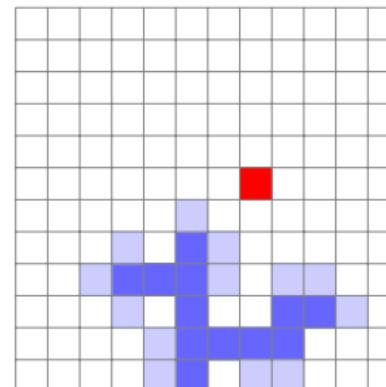


Processus de DLA

# Principe

## Construction d'un réseau hydrographique

- Ensemble de graines
- Conditions d'aggrégation
- Ajout de nouvelles graines

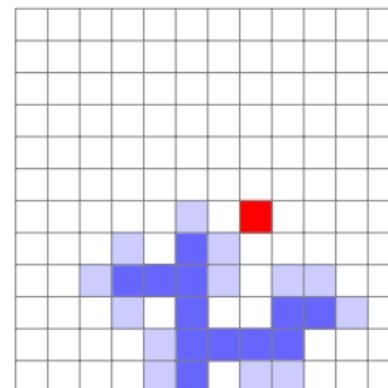


Processus de DLA

# Principe

## Construction d'un réseau hydrographique

- Ensemble de graines
- Conditions d'aggrégation
- Ajout de nouvelles graines

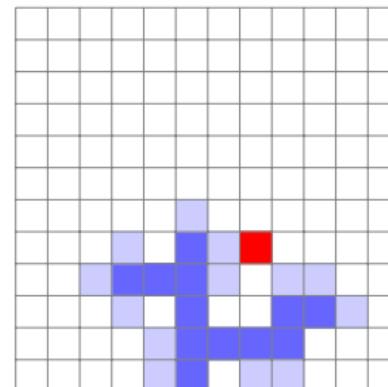


Processus de DLA

# Principe

## Construction d'un réseau hydrographique

- Ensemble de graines
- Conditions d'aggrégation
- Ajout de nouvelles graines

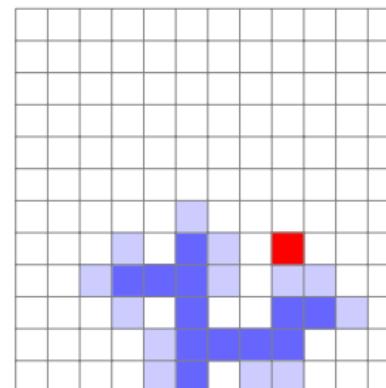


Processus de DLA

# Principe

## Construction d'un réseau hydrographique

- Ensemble de graines
- Conditions d'aggrégation
- Ajout de nouvelles graines

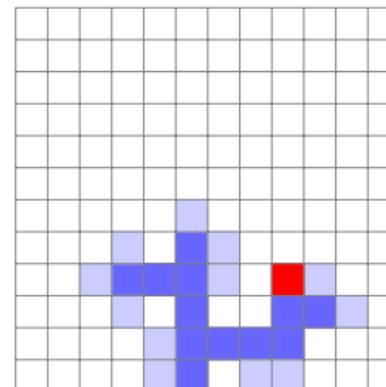


Processus de DLA

# Principe

## Construction d'un réseau hydrographique

- Ensemble de graines
- Conditions d'aggrégation
- Ajout de nouvelles graines

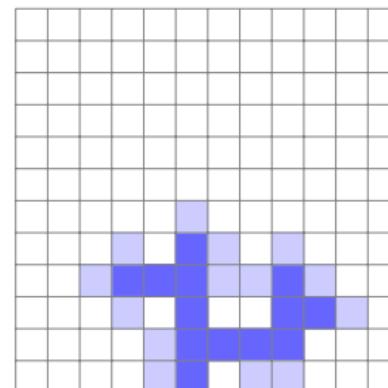


Processus de DLA

# Principe

## Construction d'un réseau hydrographique

- Ensemble de graines
- Conditions d'aggrégation
- Ajout de nouvelles graines



Processus de DLA

Introduction

Subdivision  
fractale

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
Travail effectué  
Résultats

Conclusion

# Principe

Deux approches : lâcher au centre<sup>3</sup> ou en périphérie<sup>4</sup>

---

3. JEFFREY G. MASEK, « A diffusion-limited aggregation model for the evolution of drainage networks »

4. HIROSHI KONDOH, « Diffusion-Limited Aggregation with Anisotropic Sticking Probability : A Tentative Model for River Networks »

Introduction

Subdivision  
fractale

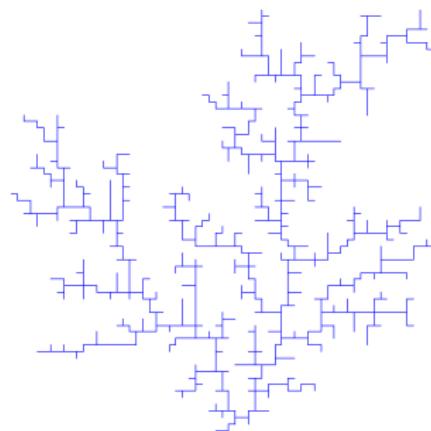
Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
**Travail effectué**  
Résultats

Conclusion

# Travail effectué

## Export sur d'autres géométries



Grille carrée

Introduction

Subdivision  
fractale

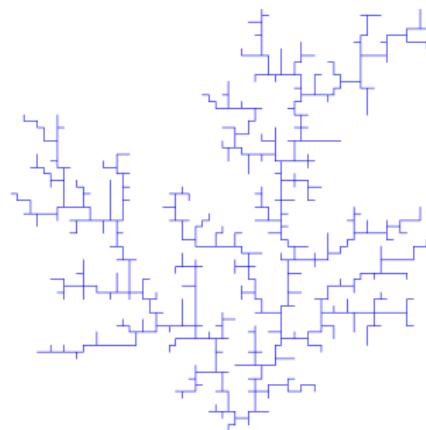
Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
**Travail effectué**  
Résultats

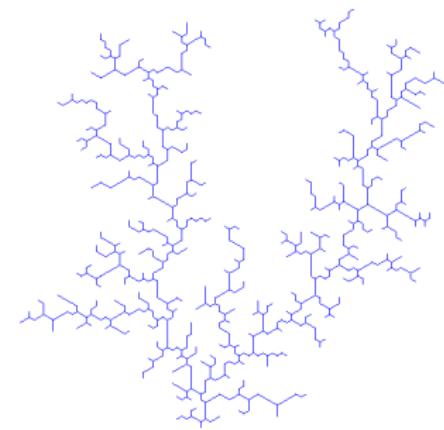
Conclusion

# Travail effectué

## Export sur d'autres géométries



Grille carrée



Grille hexagonale

Introduction

Subdivision  
fractale

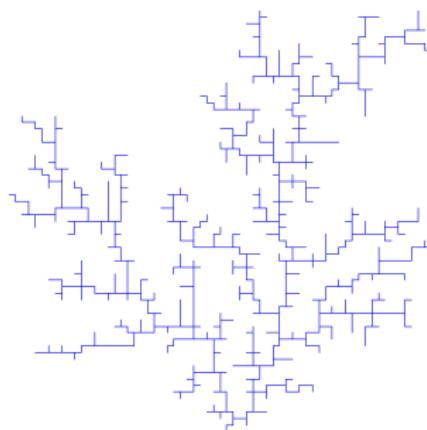
Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
**Travail effectué**  
Résultats

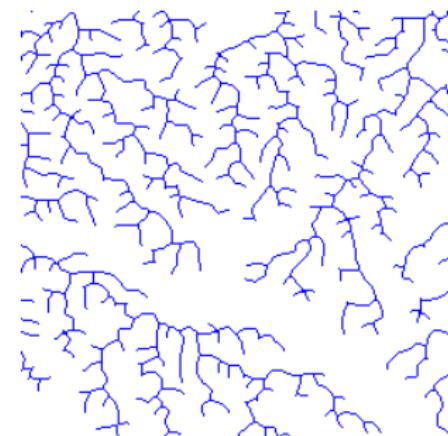
Conclusion

# Travail effectué

## Export sur d'autres géométries



Grille carrée



Terrain continu

Introduction

Subdivision  
fractale

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
**Travail effectué**  
Résultats

Conclusion

# Travail effectué

Avantage : plus de probabilités

Introduction

Subdivision  
fractale

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
Travail effectué  
Résultats

Conclusion

## Travail effectué

Avantage : plus de probabilités

Inconvénients :

- Grille : directions fixées
- Continu : calcul de collisions

Introduction

Subdivision  
fractale

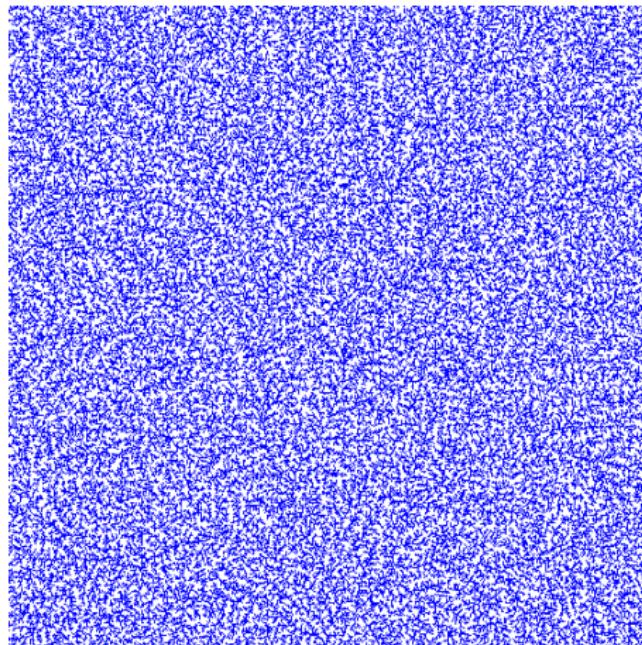
Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
**Travail effectué**  
Résultats

Conclusion

# Travail effectué

## Nouveau procédé : le seuillage



Introduction

Subdivision  
fractale

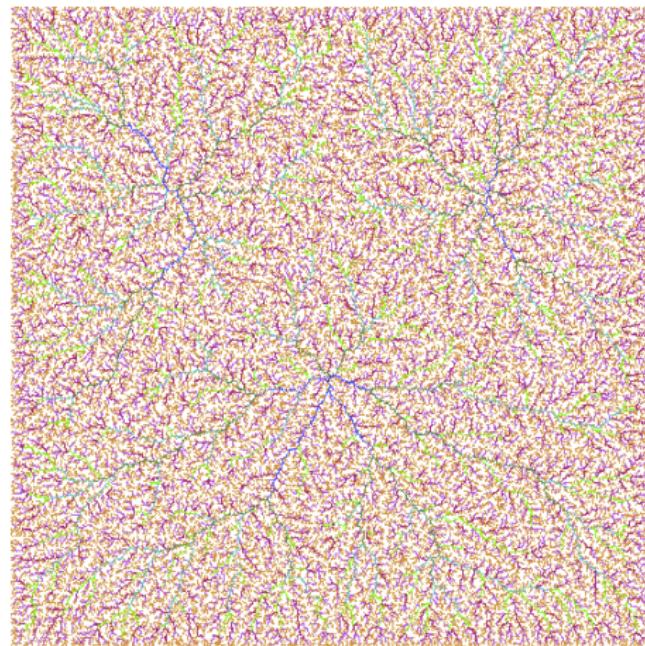
Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
**Travail effectué**  
Résultats

Conclusion

# Travail effectué

## Nouveau procédé : le seuillage



Introduction

Subdivision  
fractale

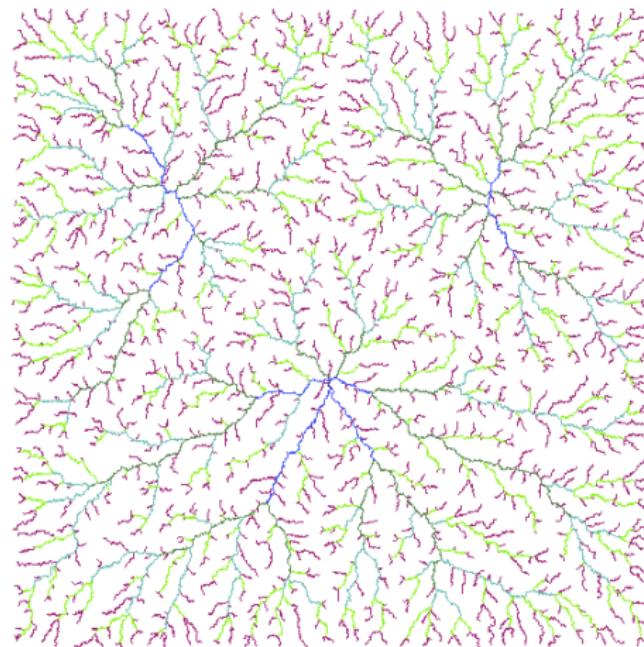
Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
**Travail effectué**  
Résultats

Conclusion

# Travail effectué

## Nouveau procédé : le seuillage



Introduction

Subdivision  
fractale

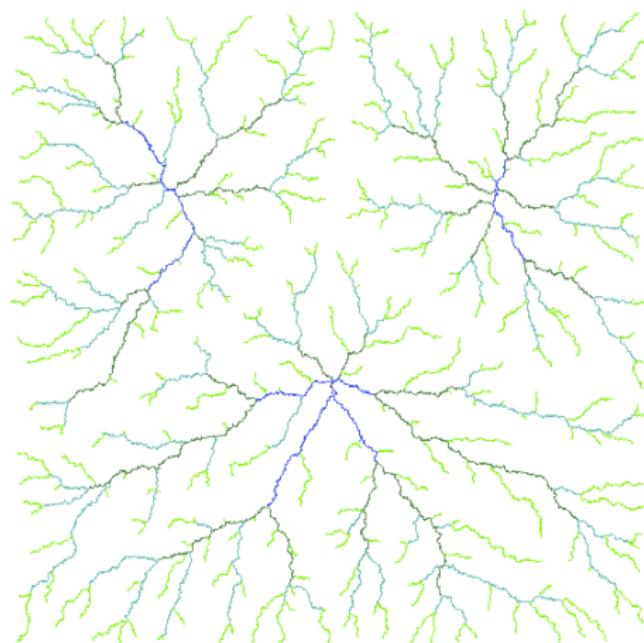
Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
**Travail effectué**  
Résultats

Conclusion

# Travail effectué

## Nouveau procédé : le seuillage



# Travail effectué

Nombre d'Horton-Strahler<sup>5</sup> :

- 1 pour une feuille
- $\text{Max}(\text{fils}) + 1$  si maximum multiple
- $\text{Max}(\text{fils})$  sinon

---

5. HORTON, « Erosional development of streams and their drainage basins ; hydrophysical approach to quantitative morphology »

Introduction

Subdivision  
fractale

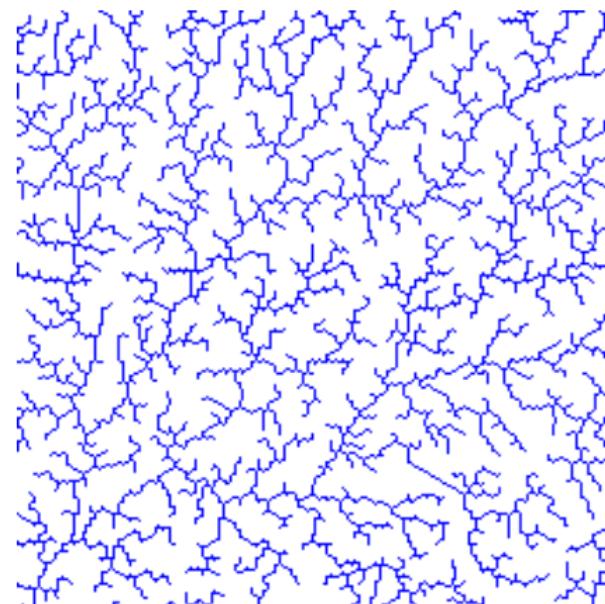
Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
**Travail effectué**  
Résultats

Conclusion

# Travail effectué

Création d'un terrain à partir d'un réseau  
hydrographique



Réseau de départ

Introduction

Subdivision  
fractale

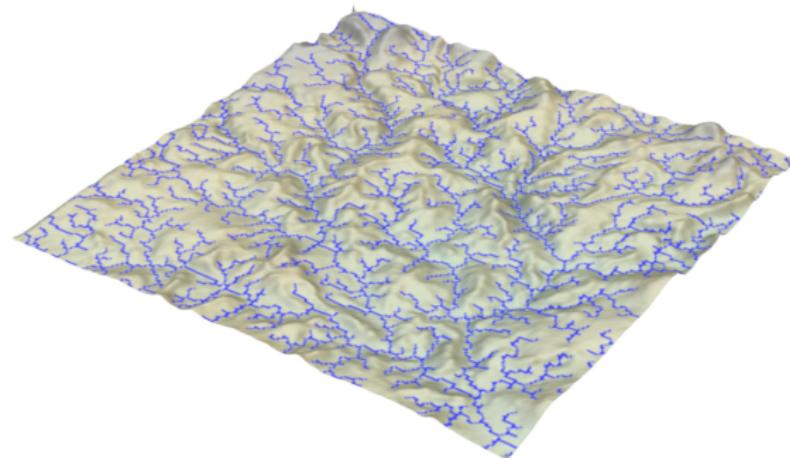
Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
**Travail effectué**  
Résultats

Conclusion

# Travail effectué

Création d'un terrain à partir d'un réseau  
hydrographique



Reconstruction par un réseau de neurones

Introduction

Subdivision  
fractale

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
Travail effectué  
Résultats

Conclusion

# Travail effectué

Création d'un terrain à partir d'un réseau  
hydrographique



Amplification<sup>6</sup>

- 
6. GUÉRIN et al., « Sparse representation of terrains for procedural modeling »

Introduction

Subdivision  
fractale

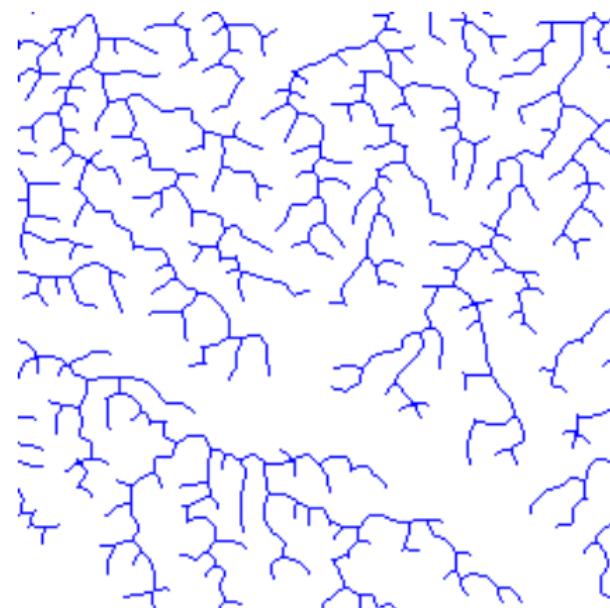
Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
**Travail effectué**  
Résultats

Conclusion

# Travail effectué

Idem sur terrain continu



Réseau de départ

Introduction

Subdivision  
fractale

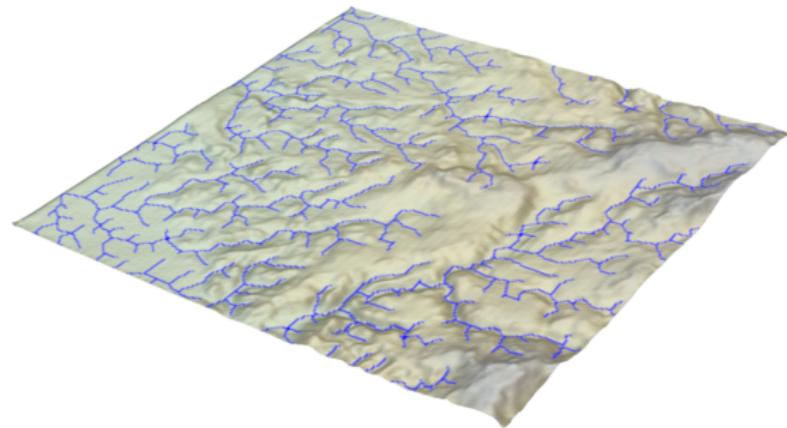
Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
**Travail effectué**  
Résultats

Conclusion

# Travail effectué

Idem sur terrain continu



Reconstruction par un réseau de neurones

Introduction

Subdivision  
fractale

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
**Travail effectué**  
Résultats

Conclusion

# Travail effectué

Idem sur terrain continu



Amplification

## Résultats

Tentative de mise au point d'une métrique

- Lois de Horton

$$N(w) = R_b^w + C_N$$

$$L(w) = R_l^{-w} + C_L$$

FIGURE – Les lois empiriques de Horton

- Dimension fractale  $\in [1.82, 1.85]$ <sup>7</sup>

$$D = \frac{R_b}{R_l}$$

---

7. JEFFREY G. MASEK, « A diffusion-limited aggregation model for the evolution of drainage networks »

Introduction

Subdivision  
fractale

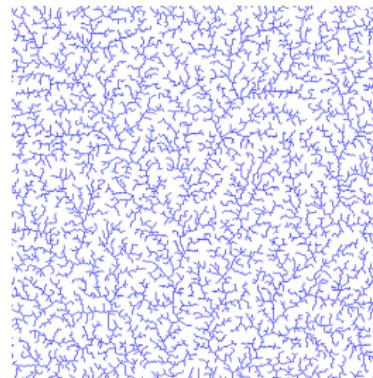
Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Principe  
Travail effectué  
Résultats

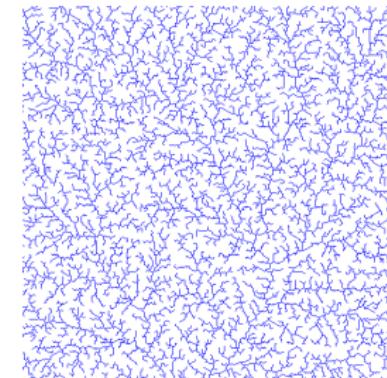
Conclusion

# Résultats

Déception ...



$D=1.85$



$D=2.87$

Mesurée en-dehors de [1, 2] sur des terrains réels

Introduction

Subdivision  
fractale

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Conclusion

# Conclusion

- Subdivisions fractales
  - Extension possible de l'outil existant à de nouvelles méthodes
  - Gains espérés limités
  - Voie abandonnée par le labo
- Aggrégation limitée par diffusion
  - Nouvelle voie intéressante
  - Interaction utilisateur limitée
- Validation des résultats
  - Problème ouvert
  - Projet lancé au LIRIS<sup>8</sup>

Génération et  
édition de terrains  
de synthèse

Lev-Arcady  
SELLEM

Introduction

Subdivision  
fractale

Aggrégation  
limitée par  
diffusion

Conclusion

Merci !