

Modélisation des rivières : De la préparation du terrain à l'animation de l'écoulement.



**THIBAUT DUPONT
LIRIS - ÉQUIPE GEOMOD**

**ENCADRÉ PAR :
RAPHAËLLE CHAINE
ÉRIC GALIN
ADRIEN PEYTAVIE**

Pourquoi modéliser des rivières?

2



Domaine d'application

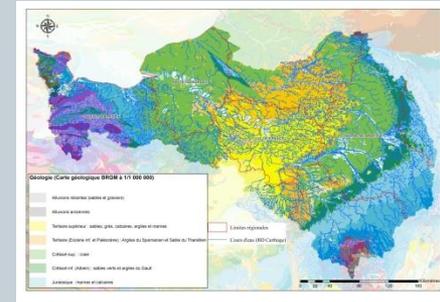
3



Gestion du territoire



Gestion des risques



Visualisation scientifique



Jeux vidéos



Films d'animation

Approche proposée

4

- **But : Modéliser les cours d'eau sur un terrain existant**

- Lit et fluide,
- Haut niveau de précision (détails de 10^{-2} m),
- Grande distance (terrain de 10^4 m).

- **Problèmes rencontrés :**

- Cohérence entre le terrain et le cours d'eau,
 - ✦ Trajectoire,
 - ✦ Zone d'influence,
- Gestion des crues et des sécheresses,
- Ensemble des phénomènes d'hydrodynamique.

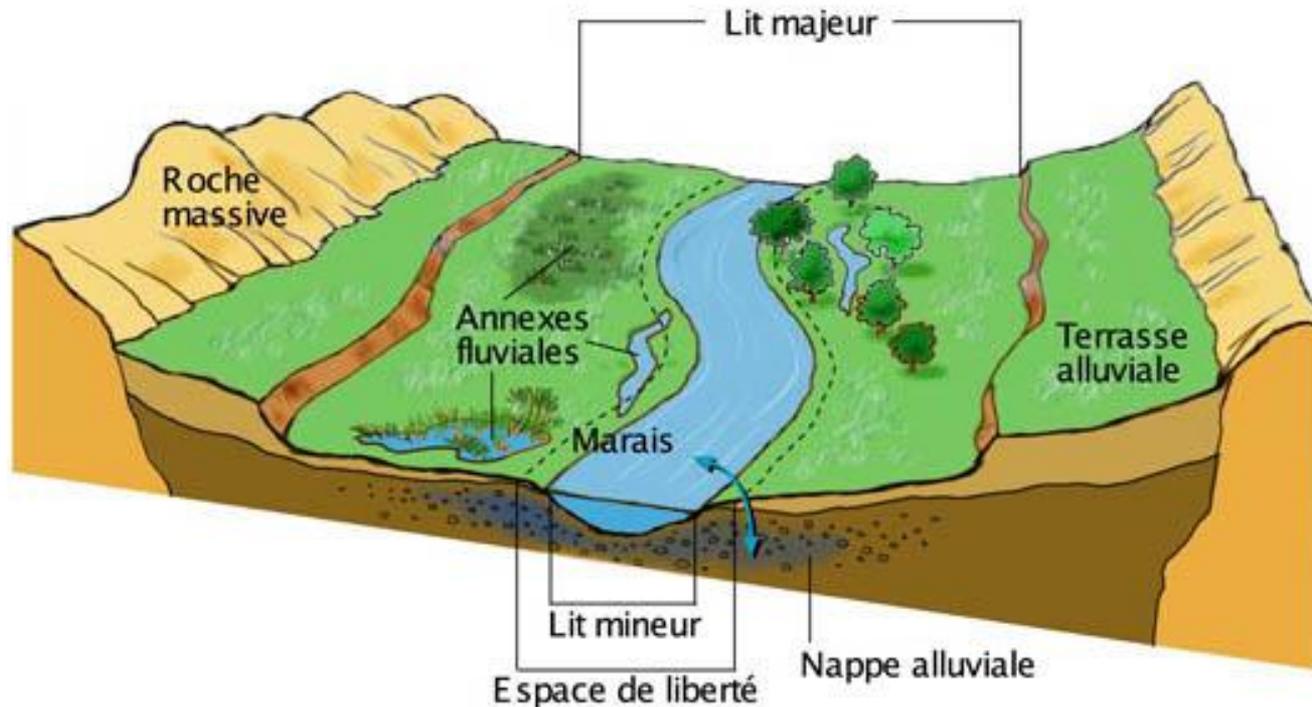
- **Solution proposé :**

- Classification a priori sur les cours d'eau ,
- Modéliser le lit de la rivière à plusieurs échelles,
- Créer un graphe d'écoulements.



1/ Potamologie ou science des cours d'eau

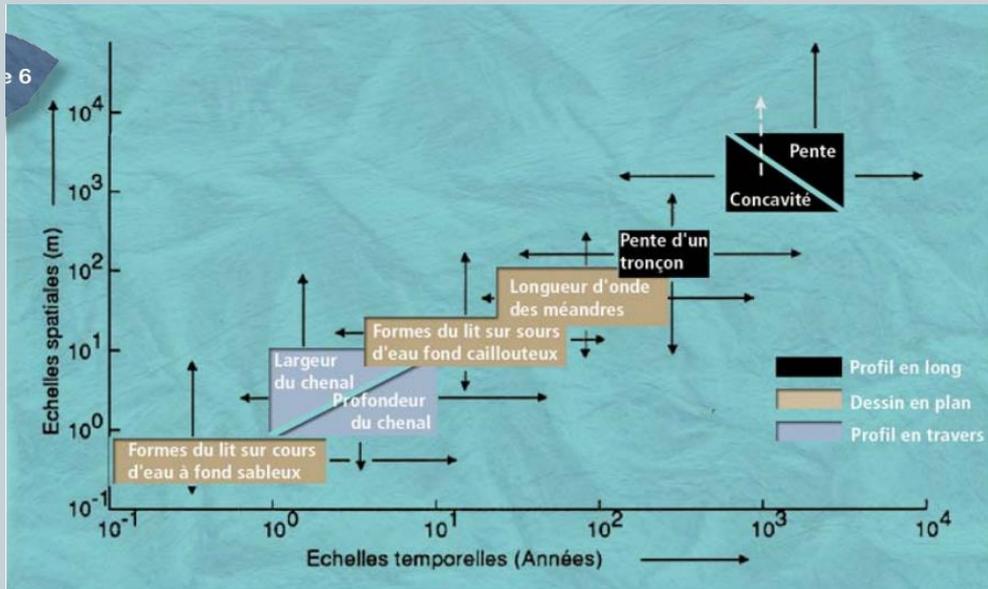
5



Antériorité du lit et du fluide

6

- Problème de l'œuf et de la poule :
 - Le fluide creuse le lit pendant le lit canalise celui-ci.
- ➔ On considère le lit fixe pendant la période d'observation.



Support physique

7

- **Lit mineur :**
 - Zone utilisée pour des débits compris entre le débit d'étiage et débit moyen annuel;
- **Lit moyen :**
 - Partie du lit en eau pour des débits compris entre l'étiage et la crue de pleins bords (Inondation);
- **Lit majeur :**
 - Partie du lit mis en eau lors de crues de fréquence moyenne à rare .
 - Activité dynamique passée du cours d'eau, tels que les bras morts, les marais;



- **Etiage :**
 - Période où le niveau d'un cours d'eau atteint son point le plus bas.
- **Crue :**
 - Accroissement du débit et de la hauteur d'eau.

La rivière ne peut pas être simplement représenté par une trajectoire.

Hydrologie

8

Cascade, écume et vaporisation

Niveau de détail/échelle



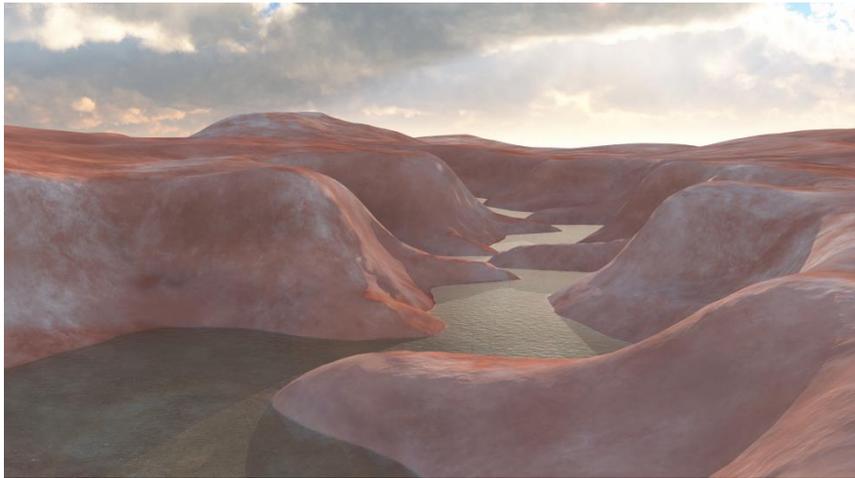
Interface lit/eau/air

Réflexion, Transparence

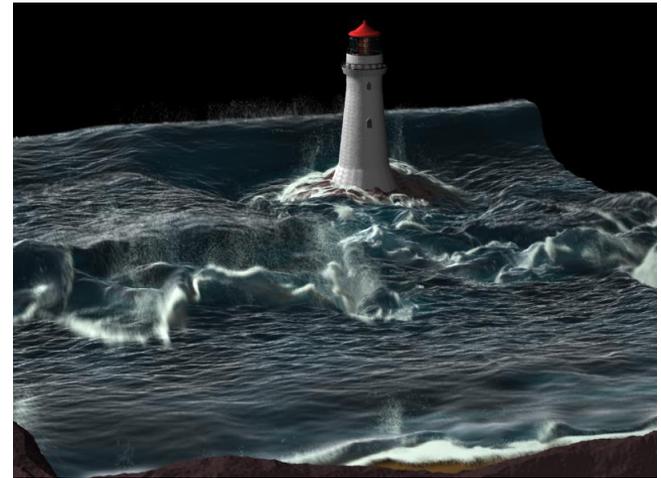
Turbulence

2/ Etat de l'art

9



Terrain Modeling from Feature Primitives - GGP+15



Two-way Coupled SPH and Particle Level Set Fluid Simulation – LTK+08

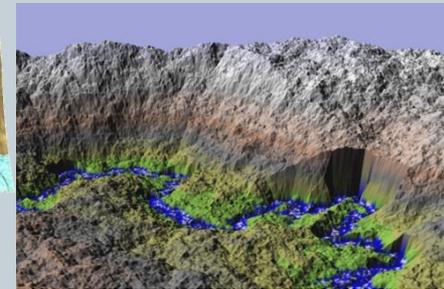
Modélisation du terrain

10

Méthode	Réalisme	Intuitivité	Expressivité	Echelle	Mémoire	Vitesse
Simulation	+	-	+	-	-	--
Procédurale	-	++	+	+	+	+
Exemple	++	--		--	--	--
Fractale	--	-	-	++	++	++



SBB08



PH93



GGP+13

Modélisation de l'eau

11

Océan

Eau profonde

- Spatiales
- Spectrales
- Mixtes

Eau peu profonde

- Réfraction spatial
- Simulation

Etendues d'eau

Rivières

Fluvial

- Sprites
- Phénoménologique

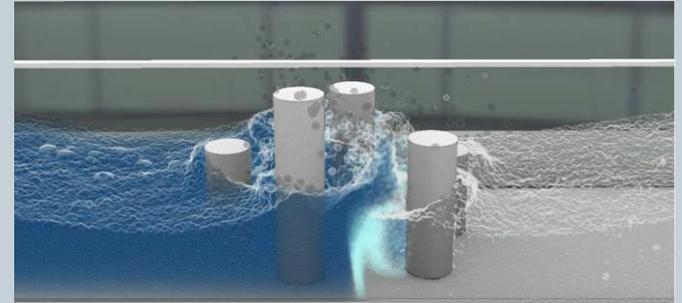
Torrentiel

- Cascade : sprites
- Simulation

Simulation

Eulérienne

Lagrangienne



OK12



HNC02



YNS11

3/ Processus proposé

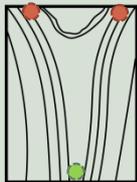
12

Terrain T

- ~100 Km²
- Altitude
- Rés. 15m

Sources

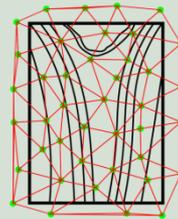
Puits



Graphe d'écoulement

1. Echantillonnage
2. Création graphe
3. Calcul de l'accessibilité
4. Calcul du plus court chemin
5. Classification
6. Modification du terrain

Multi-échelle ?



Terrain T'

- Lit de rivière détaillé
- Editable
- Sectorisé
- Cohérent

Écoulement

- Niveau d'eau/débit
- Vitesse
- Direction



Graphe d'écoulement

13

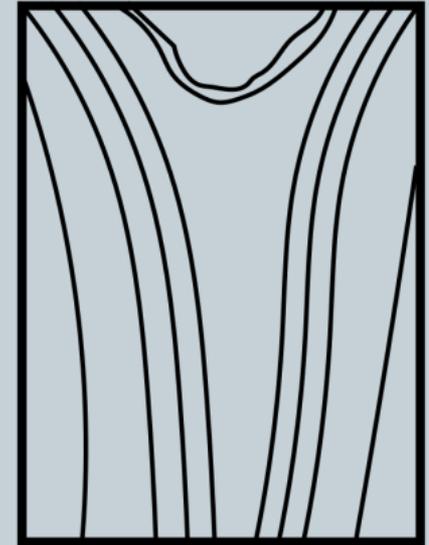
- Un cours d'eau ne peut pas être défini avec une simple trajectoire :
 - La largeur du lit mineur varie,
 - En fonction des crues, la trajectoire est modifiée.
- Une analyse surfacique est nécessaire :
 - Connaitre le passage en débit d'étiage de l'eau,
 - Définir la largeur du lit mineur,
 - Prévoir l'élévation de l'eau en crue.



Input/ Carte de hauteur

14

- Aire : 100km²
- Résolution horizontale : 15m
- Résolution verticale : 5m
- Grossier, pas de details
- Mono matériau

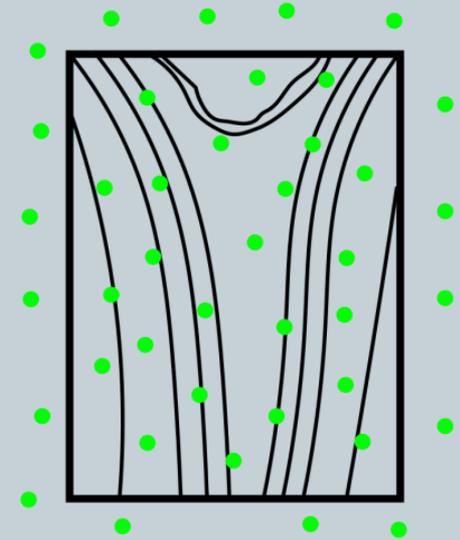


Carte de hauteur

1/ Echantillonnage

15

- Créer les nœuds du graphe
- Chaque nœud représente :
 - Une altitude,
 - Une zone d'intérêt.
- Possibilité :
 - Disque de Poisson
 - Régulier :
 - ✦ Quadrillage
 - ✦ Hexagonale

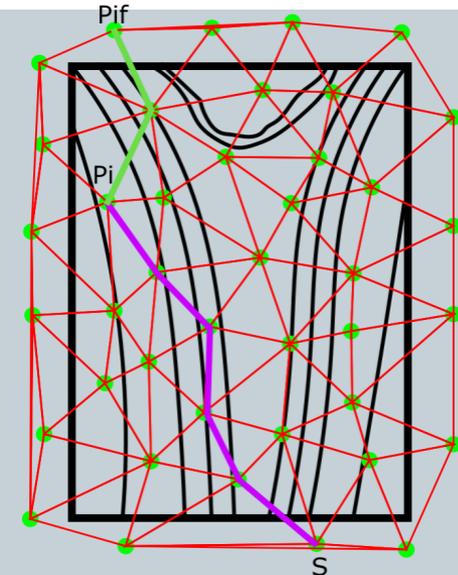


Echantillonnage

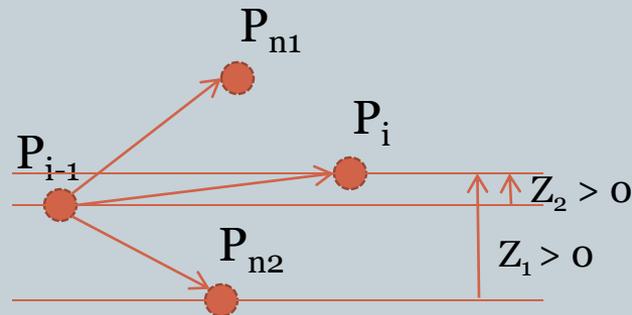
3/ Accessibilité

16

- Définir l'accès (A) du fluide à la source en tout point.
- Définir un cout $C(P_{i-1}, P_i)$
 - Max
 - Moyenne
 - Somme
 - ...



Classification



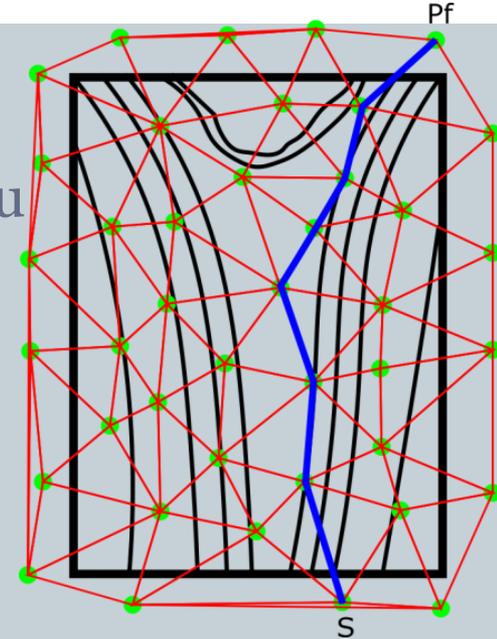
- Dijkstra

$$C(P_{i-1}, P_i) = Z(P_i) - \min(Z(P_i), Z(P_{n1}), Z(P_{n2})) + \max(Z(P_i) - Z(P_{i-1}), 0)$$

4/ Chemin minimum

17

- Définir le chemin minimal de sortie
 - Représentation de l'écoulement d'un filet d'eau
- Calcul :
 - Niveau de méandres
 - Pente moyenne
- Comparaison avec le type de Rosgen

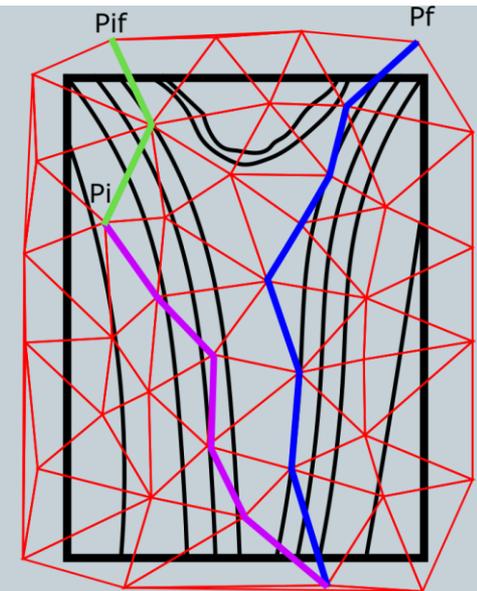


PCC de S à la sortie

5/ Classification

18

- Définir le type de chaque noeud
- Paramètres :
 - Niveau d'accessibilité
 - Distance au chemin mimum
 - Information Géomorphologique
- Définir information pour introduire le fluide sur le terrain.



PCC de S à la sortie

6/ Modification du terrain

19

- Raffiner ou modéliser le modèle pour définir le lit mineur et le lit majeur
- Création du lit mineur et modification large du lit majeur
- Comment?
 - Primitives de JDG définir les paramètres en fonction du type de chaque noeud

4/ Résultats

20

Exemple sur un terrain réel :

Size : 23x13km

Alt : 14.43 to 729.934m

Res : 15m horizontal – 5m vertical

5k particules – 0.8s

