

Simulation géomorphologique à base topologique

Richard Bézin, Benoît Crespin, Xavier Skapin,
Olivier Terraz, Philippe Meseure

XLIM - Université de Limoges et Université de Poitiers

Mardi 13 mars 2012



Sommaire

Introduction

Interaction fluide / solide

Modèle de fluide

Érosion et sédimentation

Résultats

Modèle topologique

Détection des incohérences

L'érosion

Sommet appartenant à plusieurs volumes

Sommet glissant sur une face

Collision Sommet-Face

Pincement de volume

Résultats

La sédimentation

Travaux en cours

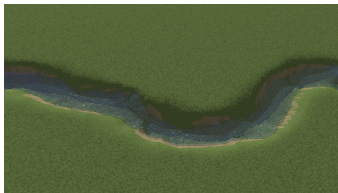
Introduction

Simulation géomorphologique

- ▶ Création de paysages visuellement réalistes
- ▶ Processus d'érosion : pluie, vent, rivières

Objectifs

- ▶ Simulation de fluide permettant : érosion, transport, sédimentation
- ▶ Terrain prenant compte différents types de matériaux
- ▶ Maintenir la cohérence du sol
- ▶ Création de géométries complexes (arches, méandres, etc)



Introduction

Interaction fluide / solide

Modèle de fluide
Érosion et
sédimentation
Résultats

Modèle topologique

Détection des
incohérences
L'érosion
Sommet appartenant
à plusieurs volumes
Sommet glissant sur
une face
Collision
Sommet-Face
Pincement de volume
Résultats
La sédimentation

Travaux en cours

Introduction

- ▶ Bref état de l'art
 - ▶ Neidhold 2005 introduit la capacité de transport du fluide
 - ▶ Mei 2007 ajoute l'évaporation du fluide
 - ▶ Benes 2008 prend en compte différents types de matériaux
 - ▶ Benes 2009 utilise les SPH et un maillage triangulé

Introduction

Interaction fluide / solide

Modèle topologique

Travaux en cours

Modèle de fluide

- ▶ Pré-traitement : construction d'un maillage triangulaire
- ▶ Première méthode :
 - ▶ Mise à jour de la position des particules
 - ▶ Calcul des collisions entre les particules et les triangles
 - ▶ Calcul du dépôt de sédiments
 - ▶ Mise à jour de la position des sommets

Modèle de fluide

Introduction

Interaction fluide /
solide

Modèle de fluide

Érosion et
sédimentation

Résultats

Modèle
topologique

Détection des
incohérences

L'érosion

Sommet appartenant
à plusieurs volumes

Sommet glissant sur
une face

Collision
Sommet-Face

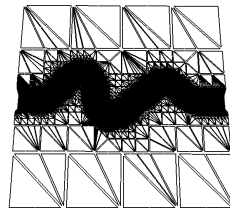
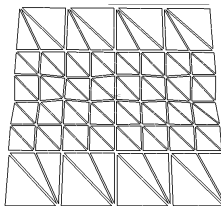
Pincement de volume

Résultats

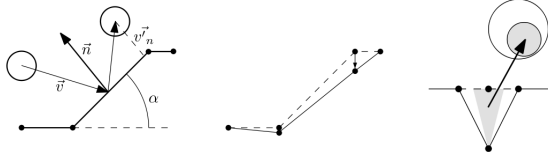
La sédimentation

Travaux en cours

- ▶ Triangulation du maillage : traitement off-line
 - ▶ Maillage adaptatif suivant la profondeur et la pente du terrain



Érosion et sédimentation



► Érosion

- Calcul d'intersection segment / triangle
- Quantité de terrain érodé C

$$C = K_c \cdot \sin \alpha \cdot |\vec{v}|$$

- Cumule des déplacements des sommets vers le bas
- Transfert de sédiments à la particule la plus proche

Érosion et sédimentation

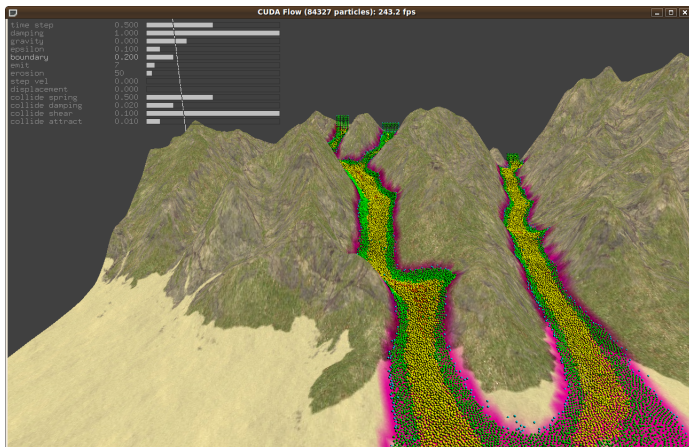
► Transport et dépôt des sédiments

- Durée de transport ε

$$\varepsilon = \lceil \varepsilon_M \left(1 - \frac{s^x}{s_M^x}\right) \rceil, \quad x = \frac{1}{s_M}$$

- Décrémenter ε à chaque pas
- Transfert des sédiments au triangle le plus proche quand $\varepsilon = 0$
- Cumul des déplacements des sommets vers le haut

Résultats présentés à ICCVG 2010



130k particules, 80k triangles, 20 fps sur NVIDIA Quadro FX

Introduction

Interaction fluide /
solide

Modèle de fluide

Érosion et
sédimentation

Résultats

Modèle
topologique

Détection des
incohérences

L'érosion

Sommet appartenant
à plusieurs volumes

Sommet glissant sur
une face

Collision
Sommet-Face

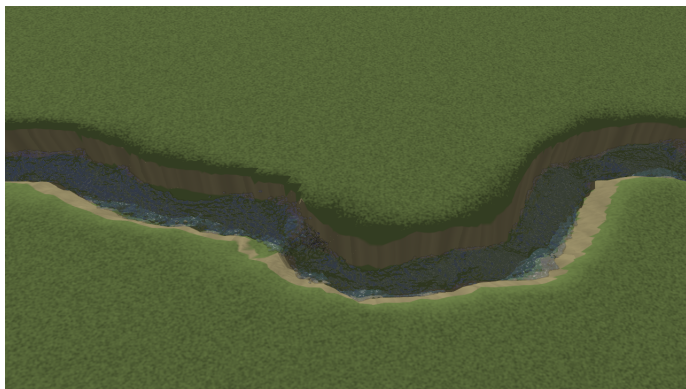
Pincement de volume

Résultats

La sédimentation

Travaux en cours

Résultats présentés à ICCVG 2010



130k particules, 20k triangles, 9 fps sur NVIDIA TESLA

Résultats présentés à ICCVG 2010

Inconvénients

- ▶ Ne gère qu'un seul type de terrain
- ▶ Ne gère pas les incohérences topologiques ou géométriques

Introduction

Interaction fluide / solide

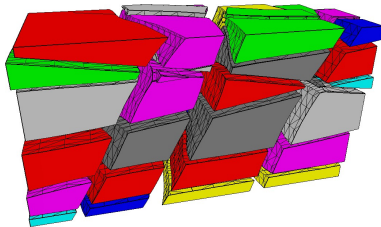
Modèle topologique

Travaux en cours

Modèle topologique

Utilisation d'un modèle topologique

- ▶ Plusieurs couches
- ▶ Raffinement facile à mettre en place
- ▶ Faces non triangulaires
- ▶ Facilite le traitement des incohérences



À rajouter

Opérations topologiques pour gérer les incohérences pour
l'érosion et la sédimentation

Détection des incohérences

- ▶ Déplacement de sommets stocké comme un segment $P_t P_{t+1}$
- ▶ Utilisation d'une file d'attente, triée selon l'instant de collision
- ▶ Recalcul des instants de collision à chaque retrait de la file d'attente
- ▶ Réinjection de déplacement dans la file d'attente
- ▶ Restriction des déplacements de sommets à ceux qui impliquent
 - ▶ une perte de volume pour l'érosion
 - ▶ un gain de volume pour la sédimentation

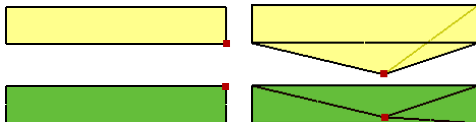
L'érosion

Quatre cas possibles d'incohérence :

- ▶ P se déplace et appartient à plusieurs volumes
- ▶ P glisse le long d'une face et entre en collision avec un sommet ou une arête
- ▶ P entre en collision avec une face
- ▶ P est le point de "pincement" d'un volume

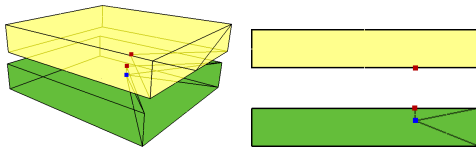
Sommet appartenant à plusieurs volumes (1/4)

- ▶ Une incohérence contextuelle
- ▶ Division du sommet en 2
- ▶ Création de faces pour respecter la topologie
- ▶ Réinjection des sommets dans la file avec un déplacement propre



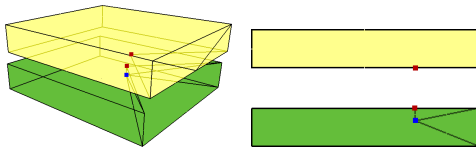
Sommet appartenant à plusieurs volumes (1/4)

- ▶ Une incohérence contextuelle
- ▶ Division du sommet en 2
- ▶ Création de faces pour respecter la topologie
- ▶ Réinjection des sommets dans la file avec un déplacement propre



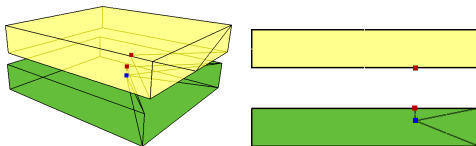
Sommet appartenant à plusieurs volumes (1/4)

- ▶ Une incohérence contextuelle
- ▶ Division du sommet en 2
- ▶ Création de faces pour respecter la topologie
- ▶ Réinjection des sommets dans la file avec un déplacement propre



Sommet appartenant à plusieurs volumes (1/4)

- ▶ Une incohérence contextuelle
- ▶ Division du sommet en 2
- ▶ Création de faces pour respecter la topologie
- ▶ Réinjection des sommets dans la file avec un déplacement propre



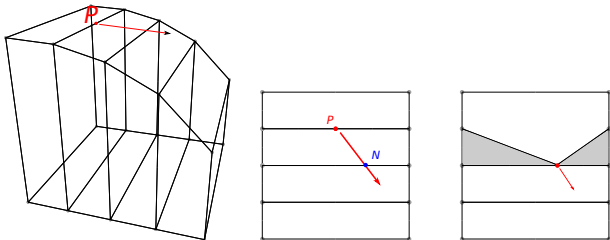
Conséquences

Le sommet est “libre” et peut être déplacé

L'autre peut être à nouveau subdivisé si besoin

Sommet glissant sur une face (2/4)

- ▶ Insertion d'un sommet N sur l'arête intersectée
- ▶ Fusion de ce sommet avec P
- ▶ Réinjection de P dans la file d'attente



Conséquences

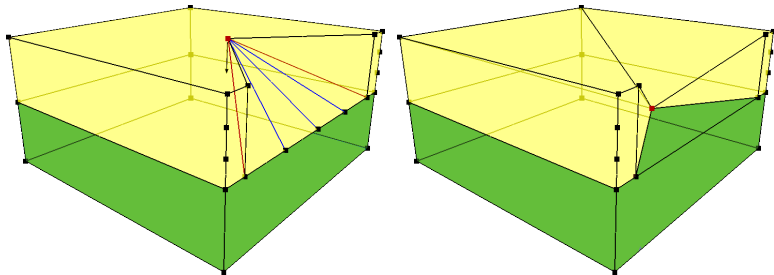
La face F est coupée en 2.

Le sommet P peut continuer son déplacement.

Collision Sommet-Face (3/4)

Collision lorsque P et une face F du même volume entrent en collision. Deux cas de figure :

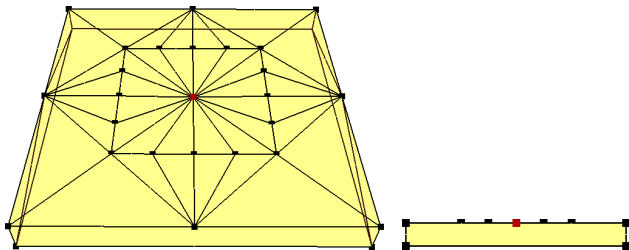
- ▶ P est relié à F par au moins une arête
- ▶ P et F ne sont pas reliés directement par une arête



Collision Sommet-Face (3/4)

Collision lorsque P et une face F du même volume entrent en collision. Deux cas de figure :

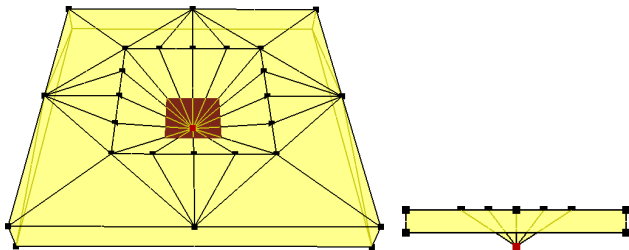
- ▶ P est relié à F par au moins une arête
- ▶ P et F ne sont pas reliés directement par une arête



Collision Sommet-Face (3/4)

Collision lorsque P et une face F du même volume entrent en collision. Deux cas de figure :

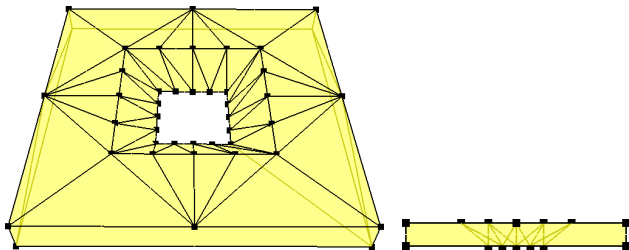
- ▶ P est relié à F par au moins une arête
- ▶ P et F ne sont pas reliés directement par une arête



Collision Sommet-Face (3/4)

Collision lorsque P et une face F du même volume entrent en collision. Deux cas de figure :

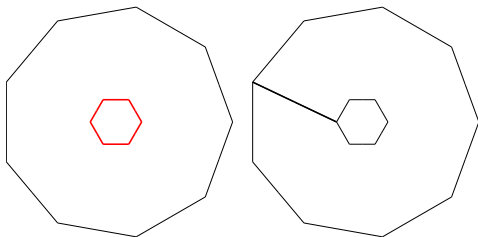
- ▶ P est relié à F par au moins une arête
- ▶ P et F ne sont pas reliés directement par une arête



Collision Sommet-Face (3/4)

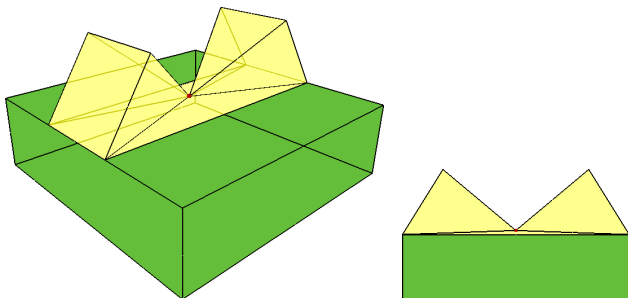
Collision lorsque P et une face F du même volume entrent en collision. Deux cas de figure :

- ▶ P est relié à F par au moins une arête
- ▶ P et F ne sont pas reliés directement par une arête



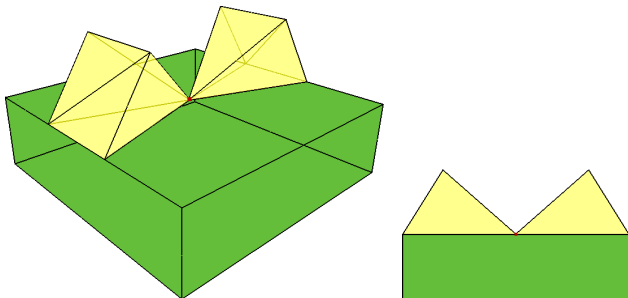
Pincement de volume (4/4)

Survient lors de la contraction d'arêtes.



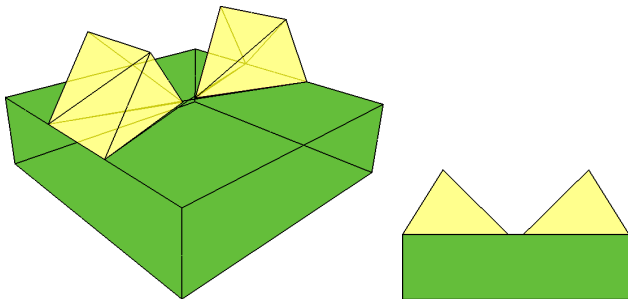
Pincement de volume (4/4)

Survient lors de la contraction d'arêtes.



Pincement de volume (4/4)

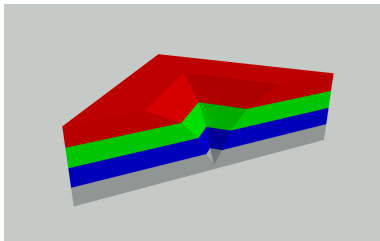
Survient lors de la contraction d'arêtes.



Résultats présentés à Vriphys 2011

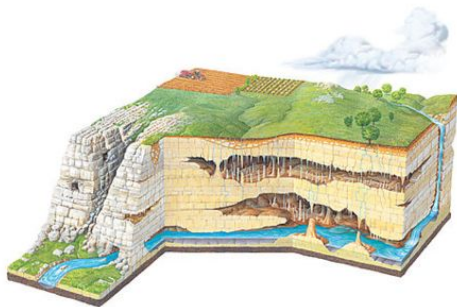
Scenario 1 : un sommet traversant plusieurs couches

- ▶ Collision sommet-face
- ▶ Sommet appartenant à plusieurs couches
- ▶ Sommet glissant sur une face



Résultats présentés à Vriphys 2011

Scenario 2 : création d'une caverne

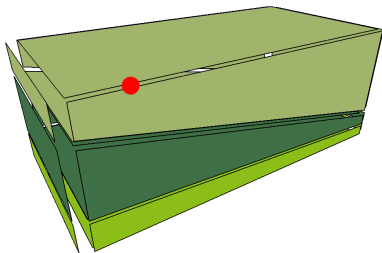


SCIENCEPHOTOLIBRARY

Résultats présentés à Vriphys 2011

Scenario 2 : création d'une caverne

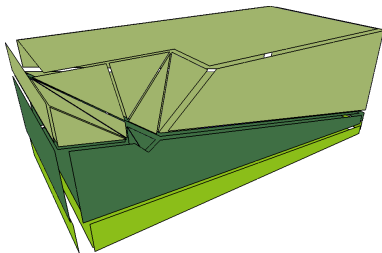
- ▶ Collision sommet-face (création du trou)
- ▶ Sommet appartenant à plusieurs couches
- ▶ Collision sommet-face (création du trou)
- ▶ Collision sommet-face (contraction d'arêtes)



Résultats présentés à Vriphys 2011

Scenario 2 : création d'une caverne

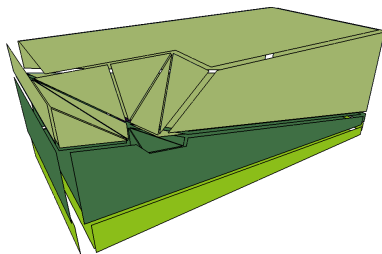
- ▶ Collision sommet-face (création du trou)
- ▶ Sommet appartenant à plusieurs couches
- ▶ Collision sommet-face (création du trou)
- ▶ Collision sommet-face (contraction d'arêtes)



Résultats présentés à Vriphys 2011

Scenario 2 : création d'une caverne

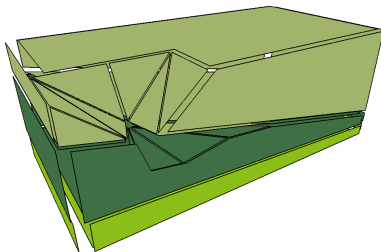
- ▶ Collision sommet-face (création du trou)
- ▶ Sommet appartenant à plusieurs couches
- ▶ Collision sommet-face (création du trou)
- ▶ Collision sommet-face (contraction d'arêtes)



Résultats présentés à Vriphys 2011

Scenario 2 : création d'une caverne

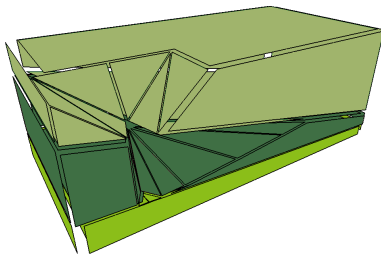
- ▶ Collision sommet-face (création du trou)
- ▶ Sommet appartenant à plusieurs couches
- ▶ Collision sommet-face (création du trou)
- ▶ Collision sommet-face (contraction d'arêtes)



Résultats présentés à Vriphys 2011

Scenario 2 : création d'une caverne

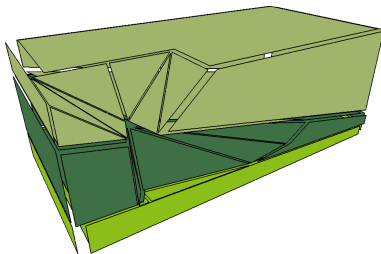
- ▶ Collision sommet-face (création du trou)
- ▶ Sommet appartenant à plusieurs couches
- ▶ Collision sommet-face (création du trou)
- ▶ Collision sommet-face (contraction d'arêtes)



Résultats présentés à Vriphys 2011

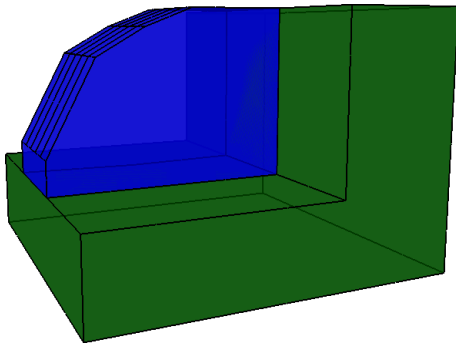
Scenario 2 : création d'une caverne

- ▶ Collision sommet-face (création du trou)
- ▶ Sommet appartenant à plusieurs couches
- ▶ Collision sommet-face (création du trou)
- ▶ Collision sommet-face (contraction d'arêtes)



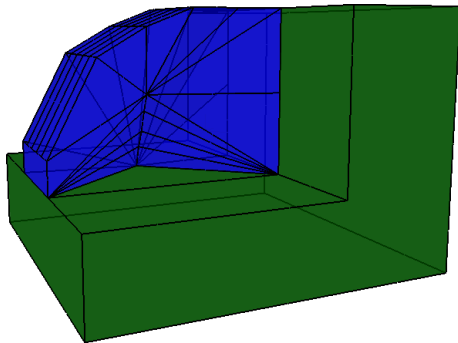
Résultats présentés à Vriphys 2011

Scenario 3 : formation d'une arche



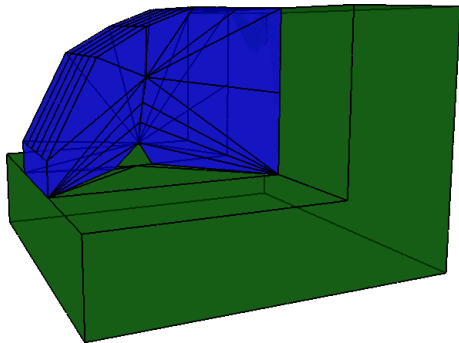
Résultats présentés à Vriphys 2011

Scenario 3 : formation d'une arche



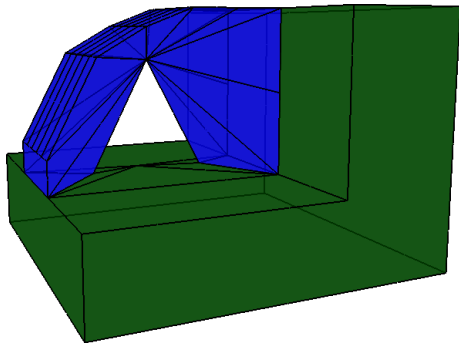
Résultats présentés à Vriphys 2011

Scenario 3 : formation d'une arche



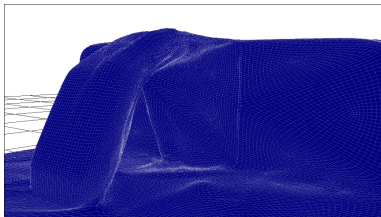
Résultats présentés à Vriphys 2011

Scenario 3 : formation d'une arche



Résultats présentés à Vriphys 2011

Scenario 3 : formation d'une arche



Introduction

Interaction fluide / solide

Modèle topologique

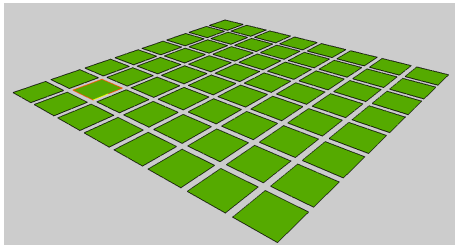
Travaux en cours

La sédimentation

- ▶ Utilisation d'une couche par type de sédiments
- ▶ Opération permettant de créer des volumes
- ▶ Évolution des volumes créés

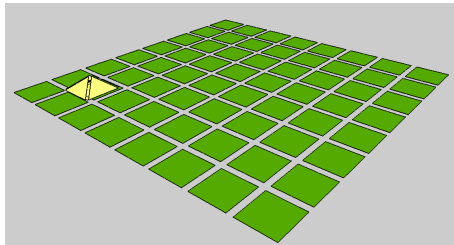
Opérations topologiques pour la sédimentation

- ▶ Sédimentation face par face
- ▶ Création d'un volume pour chaque ensemble de face



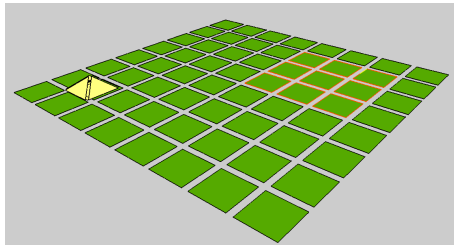
Opérations topologiques pour la sédimentation

- ▶ Sédimentation face par face
- ▶ Création d'un volume pour chaque ensemble de face



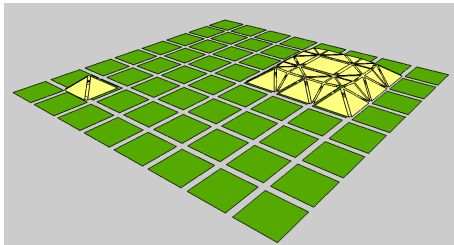
Opérations topologiques pour la sédimentation

- ▶ Sédimentation face par face
- ▶ Création d'un volume pour chaque ensemble de face



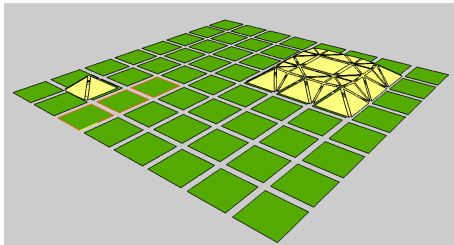
Opérations topologiques pour la sédimentation

- ▶ Sédimentation face par face
- ▶ Création d'un volume pour chaque ensemble de face



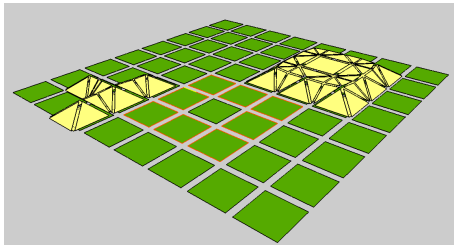
Opérations topologiques pour la sédimentation

- ▶ Sédimentation face par face
- ▶ Création d'un volume pour chaque ensemble de face



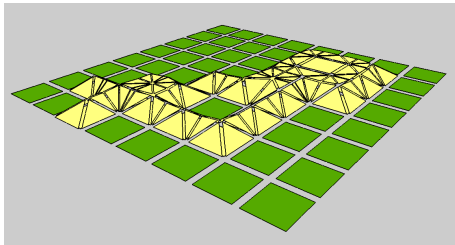
Opérations topologiques pour la sédimentation

- ▶ Sédimentation face par face
- ▶ Création d'un volume pour chaque ensemble de face



Opérations topologiques pour la sédimentation

- ▶ Sédimentation face par face
- ▶ Création d'un volume pour chaque ensemble de face



Opérations topologiques pour la sédimentation

Avantages

- ▶ Opération atomique simple pour la création
- ▶ Opération de fusion de volumes adjacents
- ▶ Permet de gérer un grand nombre de cas

Inconvénients

- ▶ Création d'un nombre important de sommets
- ▶ Dépend de la résolution du maillage
- ▶ Nécessite des opérations annexes gérant les cas particuliers

Travaux en cours

- ▶ Intégration d'une simulation de fluide de type SPH
 - ▶ interaction avec le terrain basée sur des collisions particule / face
 - ▶ échantillonnage du terrain en particule

Merci !

