

# Comment simuler numériquement la géomorphologie alpine ?

Sujet de TPE

Gros Alexis, Manceau Thibaut, Porteries Tristan

18 janvier 2016

## 1 Les phénomènes géomorphologiques

- La subduction et l'obduction

## 2 Les altérations

- Les altérations physiques
- Les altérations biologiques
- Les altérations chimiques

## 3 L'érosion

- L'érosion éolienne
- Le ruissellement et l'érosion fluviale
- L'érosion karstique
- L'érosion glaciaire
- L'érosion marine

## 4 Le système cellulaire

- Approche simplifiée pour le jeu vidéo

- Le système cellulaire
- Simulation par voxels
- Les cellules
- La propagation par fronts

## 5 Les interactions entre cellules

- Loi du centre instantané de rotation
- La loi de Hooke et le module de Young
- La loi de Coulomb

## 6 Les Améliorations possibles

## 7 Conclusion

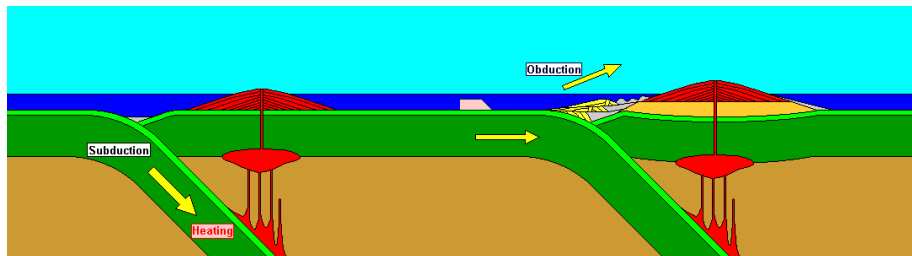


FIGURE: A gauche le subduction et à droite l'obduction.



FIGURE: Cryoclastie



FIGURE: Haloclastie

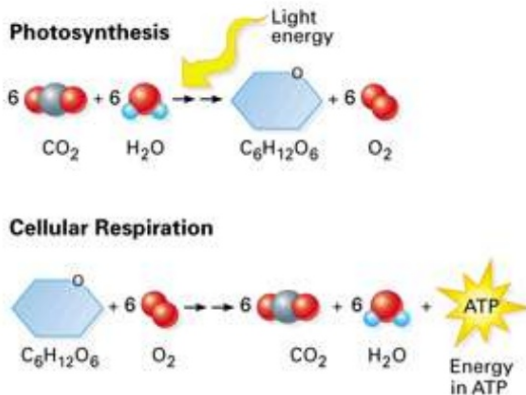


FIGURE: Schéma de la respiration cellulaire.

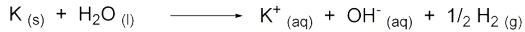
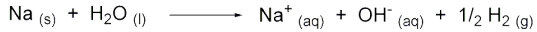


FIGURE: Hydratation de molécules de sodium et de potassium.

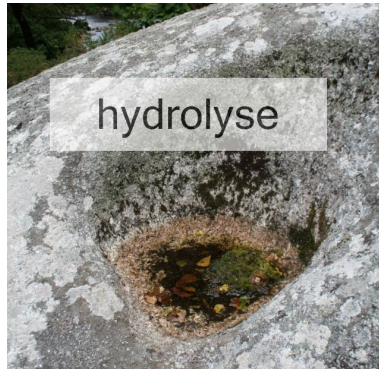






FIGURE: Ruissellement et érosion verticale



FIGURE: Solifluxion





**FIGURE:** Dolines et grotte souterraine dus à l'érosion karstique.

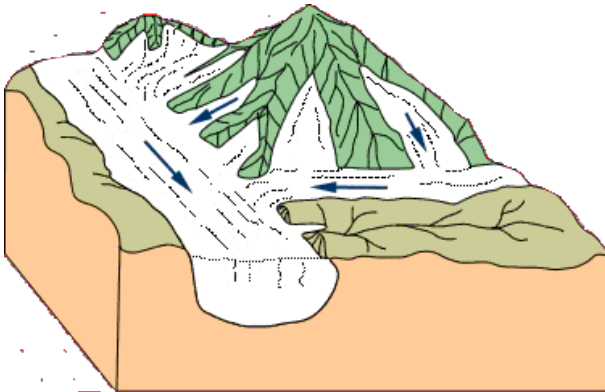
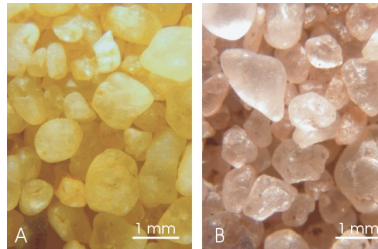


FIGURE: Schéma de l'érosion glaciaire



**FIGURE:** Grains de sable exposés (A) au vent (B) aux embruns.



**FIGURE:** A gauche Taffoni et à droite encoche d'érosion marine.



**FIGURE:** Simulation physique d'une subduction à l'aide de matières molles.

Approximation avec des algorithmes mathématique sans nécessités physiques :

- La fonction du bruit de Perlin ;
- Biomes avec les polygones de Voronoi ;
- interpolation avec la courbe de Bézier ;
- Calcul des chemins d'érosion par l'enchaînement ;
- Possibilité d'édition par l'utilisateur.

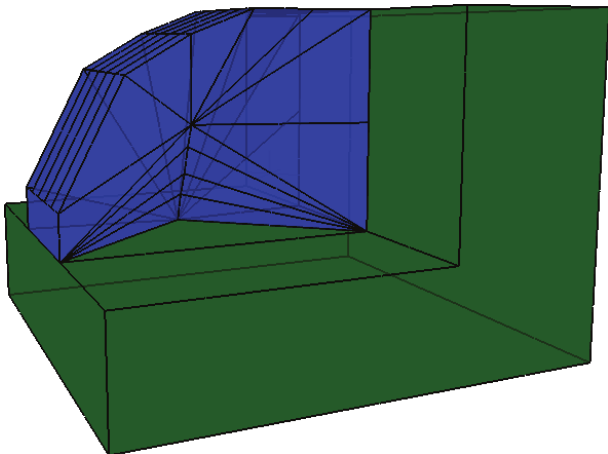


FIGURE: Simulation par automate cellulaire après 3100 itérations.



FIGURE: Simulation par automate cellulaire après 7100 itérations.

- Simulation par voxels
- Approche cellulaire de la simulation



Cellule : le plus petit élément incompressible de la simulation, représenté par une sphère de diamètre 1.

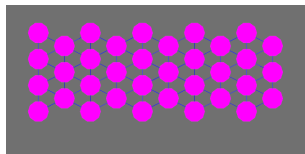
Propriétés mutables :

- vitesse ;
- position ;
- cellules adjacentes.

Propriétés immuables :

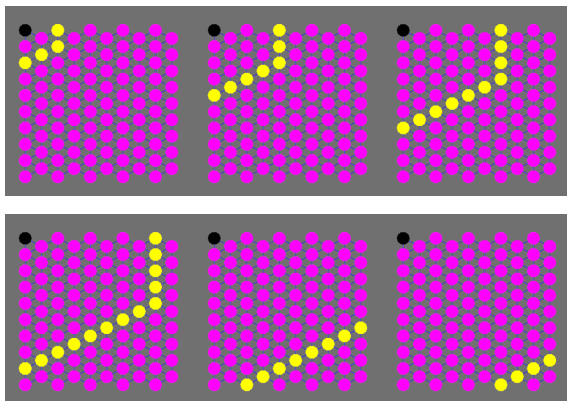
- plaque tectonique.

Disposition en nid-d'abeille au lancement de la simulation.



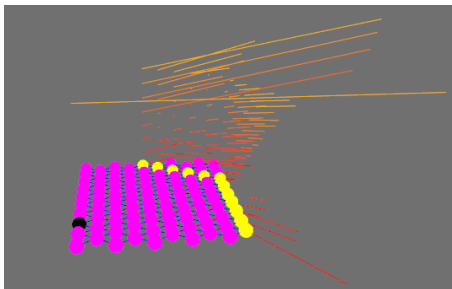


Propagation par front, l'ancien front crée le nouveau. Le premier front ne contient que la cellule en collision. Chaque cellule du front interagit avec les cellules qui précèdent le front.

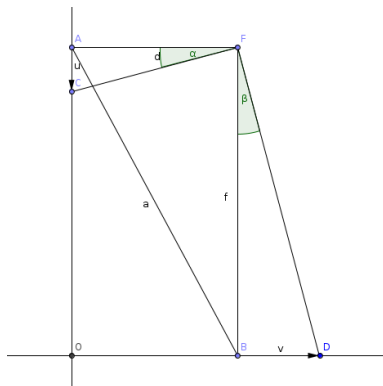


**FIGURE:** Bleu : liens entre cellules, Violet : cellules inactives, Noir : cellule de collision, Jaune : cellules appartenant au front.

Utilisation d'un calque pour chaque cellule en collision. Fusion des calques avant le déplacement des cellules.



**FIGURE:** Du rouge vers le jaune les différentes vitesses par cellules et par collisions.



$\vec{u}$  = vitesse verticale

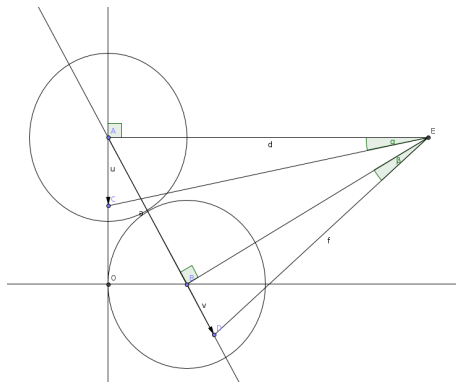
$\vec{v}$  = vitesse horizontale

$\alpha = \beta$  = rotation autour de F

$$\|\vec{u}\| = \alpha \times d$$

$$\|\vec{v}\| = \alpha \times f$$

$$\alpha = \frac{\|\vec{u}\|}{d}$$



$$\text{Si } (\vec{v}, \vec{u}) = 0$$

$$\vec{v} = \vec{u}$$

$$d = f = \infty$$

$$\text{Si } (\vec{u}, \vec{v}) = \frac{\pi}{2}$$

$$f = 0$$

$$\vec{v} = \vec{0}$$

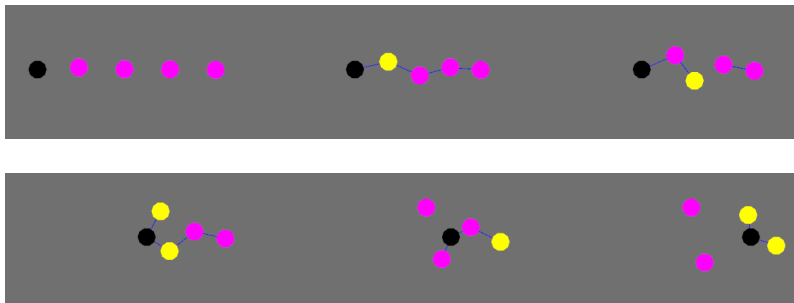


FIGURE: 6 échantillons de compressions avec le CIR.

$$\sigma = E \times \varepsilon$$

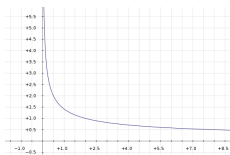
$\sigma$  = La contrainte appliquée sur le matériau (en Pa).  $E$  = Le module de Young pour le matériau étudié (en Pa).  $\varepsilon$  = Coefficient de déformation (en %).

Module de Young :

- Granite : 60 GPa ;
- Calcaire : 20 à 70 GPa.

$$\varepsilon = \frac{x_{max}}{\sqrt{x}}$$

$x_{max}$  = La distance à respecter entre deux cellules.  $x$  = La distance entre les deux cellules.



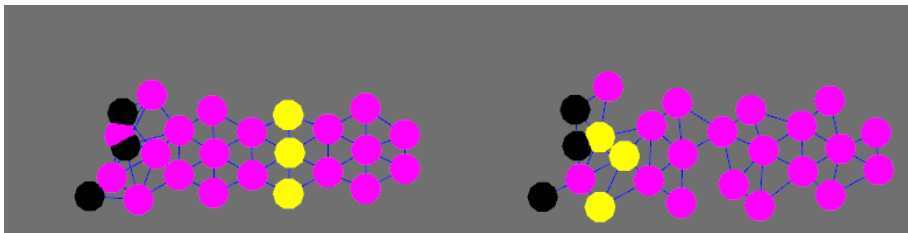
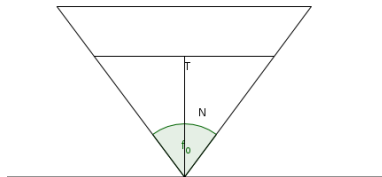


FIGURE: A gauche simulation sans compression et à droite avec compression.



**FIGURE:** Le cône représentant la force maximale possible avant un glissement.

$$T_0 = f_0 \times N$$

Si  $T > T_0$  : glissement. Sinon friction.

Où  $T$  = force tangentielle appliquée à la cellule,  $N$  = la pression entre les cellules et  $f_0$  = le coefficient d'adhérence.



## Améliorations :

- implémenter l'érosion ;
- utilisation de la loi de Hooke et du module de Young ;
- utilisation d'un modèle avec friction grâce a la loi de Coulomb ;
- implémentation de l'inertie des cellules en fonction de leur masse.

