

La création et la manipulation de champs de hauteur *ou l'art de changer de dimension...*

Gabriel Dahan

Travail d'Initiative Personelle Encadré (TIPE), 2025

Comment contrôler l'aléatoire dans la génération de terrains ?

- 1 Qu'est-ce qu'un champ de hauteur ?
- 2 Comment représenter un champ de hauteur existant ?
- 3 Comment créer un champ de hauteur ?
 - Génération procédurale
 - Fonctions de bruit : Kenneth Perlin

Qu'est-ce qu'un champ de hauteur ?

Simplement, une *heightmap* est une image en noir et blanc, dont le niveau de gris de chaque pixel correspond à une hauteur dans l'espace.

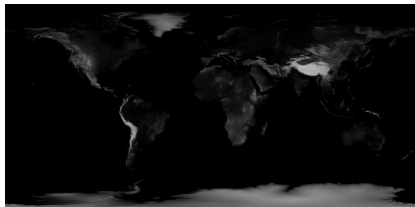


Figure: Champ de hauteur de la Terre (où le noir correspond à 0m).

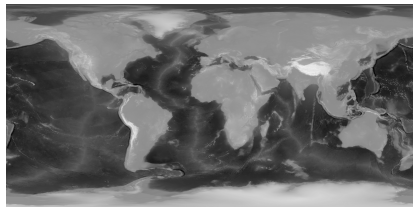


Figure: Champ de hauteur de la Terre (où le noir correspond à -11km (Mariannes)).

Supposons qu'on dispose d'une *heightmap* H de taille $w \times h$.

$$P_{w,h} = \llbracket 0, w \rrbracket \times \llbracket 0, h \rrbracket ; C = \llbracket 0, 255 \rrbracket$$

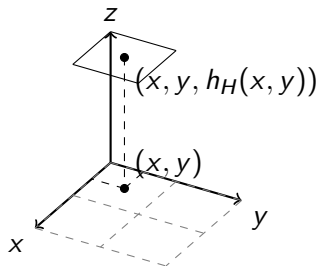
$$h_H : (x, y) \mapsto h(x, y)$$

$$P_{w,h} \rightarrow C$$

Du plan vers l'espace. . .

$$\Gamma_H : (x, y) \mapsto (x, y, h_H(x, y))$$

$$P_{w,h} \rightarrow P_{w,h} \times C$$



Rendus à l'aide de Raylib

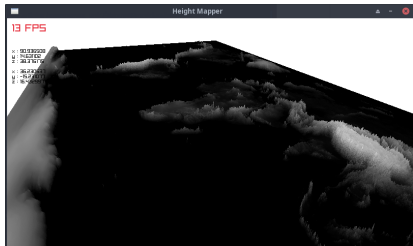


Figure: Rendu pour la figure de gauche.

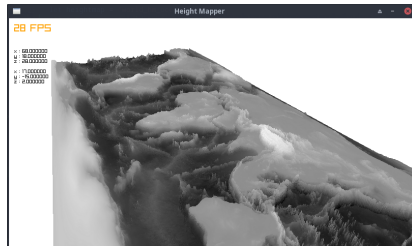


Figure: Rendu pour la figure de droite.

Ajout d'une texture

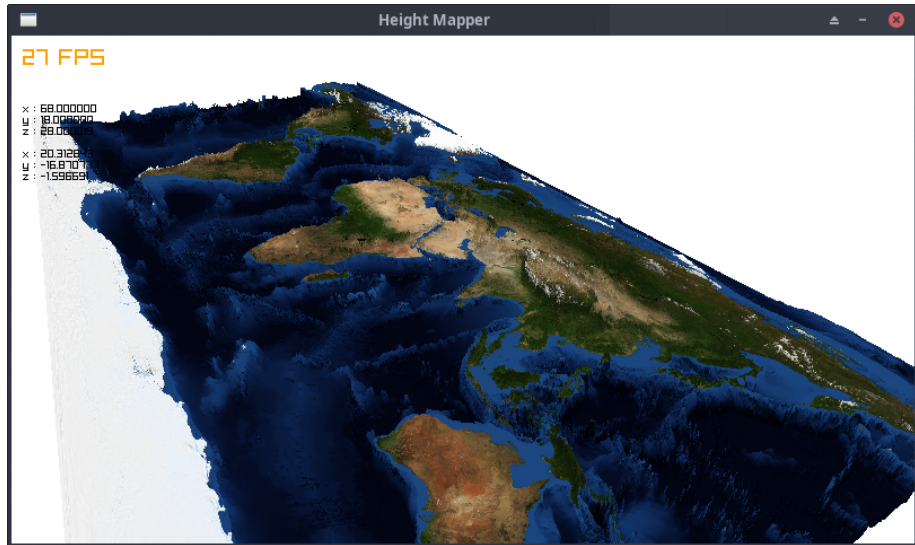


Figure: Rendu pour la figure de droite avec une texture (NASA dataset).

Mais on aimerait créer nos propres terrains... Comment ?

Idée naïve : colorier chaque chaque pixel aléatoirement...

...mais comment contrôler cet aléatoire ? On peut définir des règles, mettre des poids sur les pixels pour 'favoriser' l'aléatoire.

Le bruit de K. Perlin

Histoire : film *Tron* (1982), Ken Perlin cherche à générer des effets spéciaux au rendu plus naturel, moins "machinique" (cf. «*History* »).

Technique de génération *pseudo-aléatoire* de textures.

Pour cela, il développe son algorithme qui donne naissance au **Bruit de Perlin** qu'il publie en 1981 (NYU).

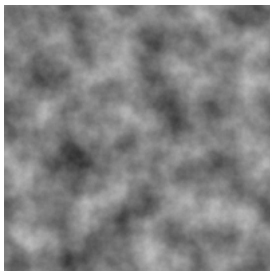


Figure: Rendu réussi.

- Gain de l'utilisation de heightmaps (espace, !temps).
- Mais si on veut créer des concavités dans nos terrains ? Ouverture sur les normalmaps, lien entre heightmap et normalmap, ...

- Perlin K. :
 - Algorithme : <https://mrl.cs.nyu.edu/perlin/noise/>
 - Papier : <https://mrl.cs.nyu.edu/perlin/paper445.pdf>
- Green S. : <https://developer.nvidia.com/gpugems/gpugems2/part-iii-high-quality-rendering/chapter-26-implementing-improved-perlin-noise>
- Peytavie A. : Génération procédurale de monde.
<https://theses.hal.science/tel-00841373/document> (1.1.1.1 / 1.1.2.1)
- Nasa Visible Earth :
<https://visibleearth.nasa.gov/collection/1484/blue-marble?page=2>

Librairies :

- OCaml :
 - Graphics : <https://ocaml.org/p/graphics/latest>
 - Raylib : <https://ocaml.org/p/raylib/latest>
- Python (avant amélioration de calcul) :
 - Numpy
 - Pillow (PIL)
 - librairies natives...