Génération procédurale de planètes

Rémy Maugey Jérémi Bernard Hugo Alonso Brian Mazé

Client : Emmanuel Fleury

11 avril 2018

Présentation du sujet

- Génération procédurale de planète
  - Utilisation de la méthode "Continuous Distance-Dependent Level of Detail for Rendering Heightmaps" (CDLOD) présenté par Filip Strugar en Juillet 2010[1]

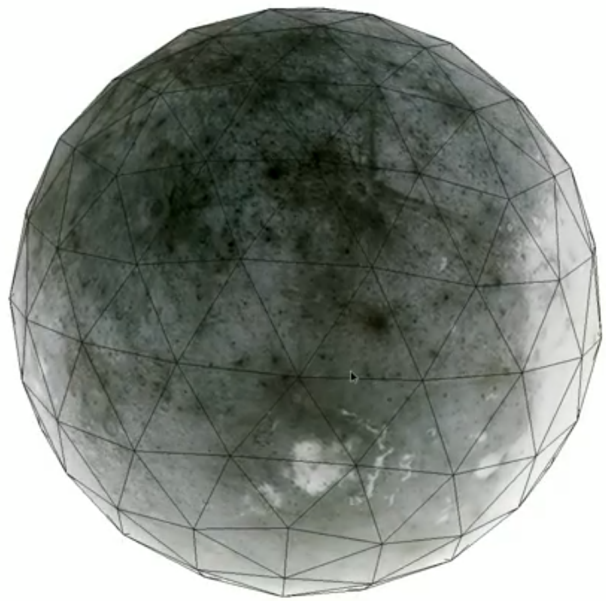


Figure: Planète

[1] Dernier accès avril 2018: `http://www.vertexasylum.com/downloads/cdlod/cdlod_latest.pdf`

CDLOD

CDLOD

Carte de Hauteur

- Carte de hauteur (Heightmap)
  - Image en nuance de gris.
  - Le noir représente la distance minimum et le blanc la distance maximale.
  - Valeur interprétée comme une élévation par rapport à la surface.

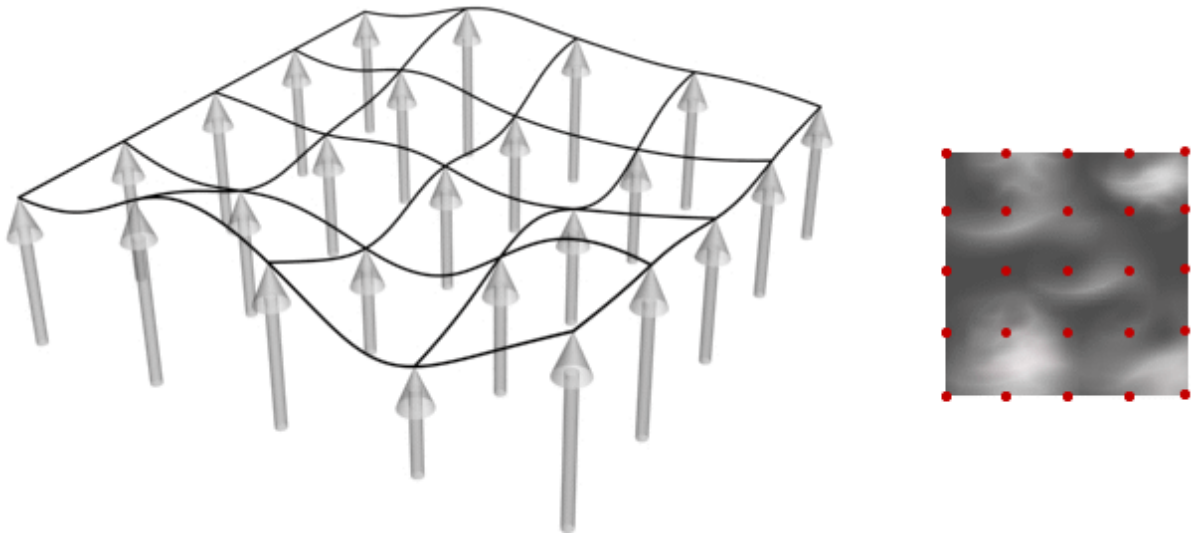


Figure: Interprétation de la carte de hauteur [2]

[2] Source, dernier accès avril 2018: `https://newbiz.developpez.com/tutoriels/opengl/heightmap/`

- Quadtree
  - Structure de données
  - Arbre où chaque nœud possède quatre fils
  - Un bon moyen de diviser un terrain en zone égale à différents niveaux

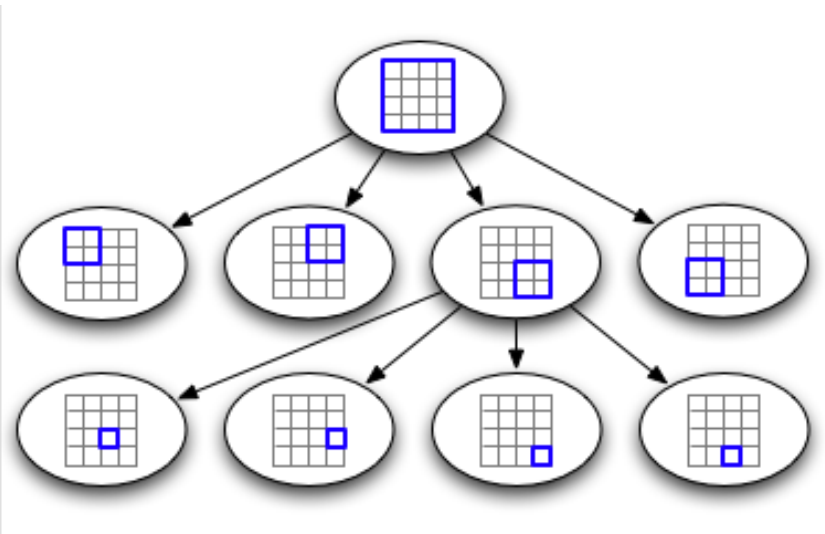


Figure: Quadtree [3]

[3] Source, dernier accès avril 2018: `http://codeforces.com/blog/entry/57498`

CDLOD

Sélection

- Amélioration des performances en réduisant le nombre de triangles utilisés
  - Sélection de nœud dans le quadtree
    - Distance entre la camèra et le terrain
    - Champ de vision

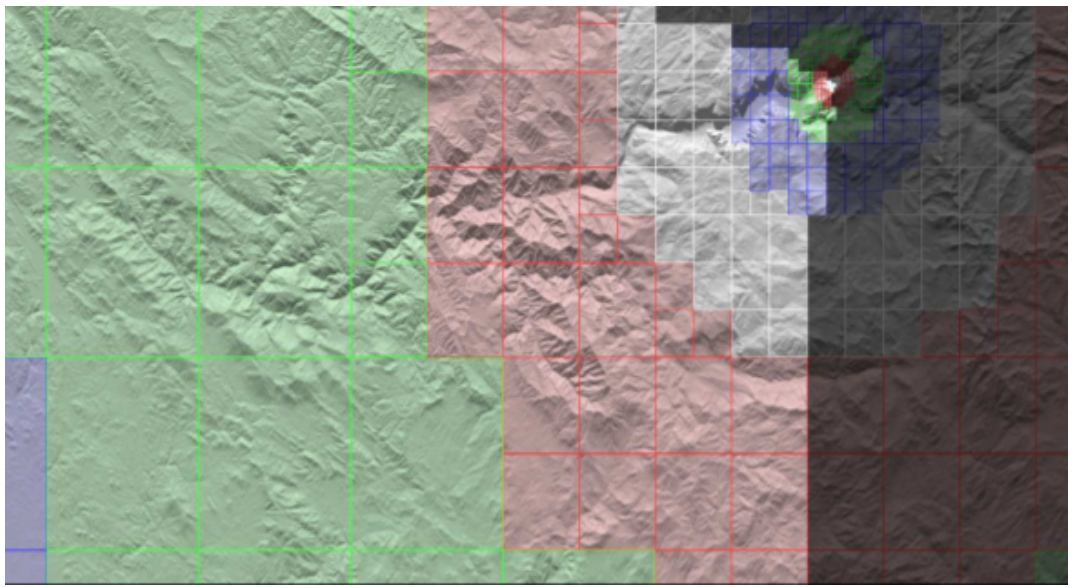


Figure: Nœuds affichés [4]

[4] Source, dernier accès avril 2018: `http://www.vertexasylum.com/downloads/cdlod/cdlod_latest.pdf`

CDLOD

Discontinuité / Trou

- Discontinuité
  - La différence entre deux niveaux de détails voisins va faire apparaître des discontinuités
  - Discontinuité présente par exemple dans la méthode "Chuncked-LOD" présenté par Thatcher Ulrich en 2002[5]

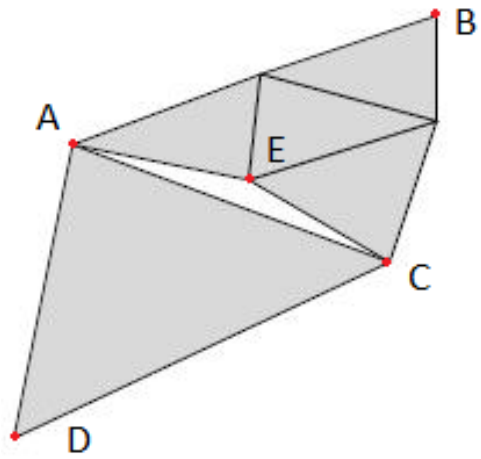


Figure: Discontinuité [6]

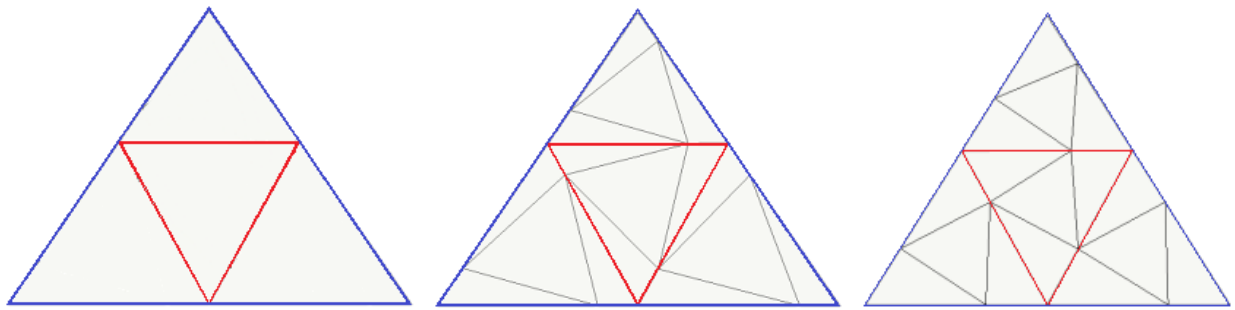
[5] Dernier accès avril 2018:
http://tulrich.com/geekstuff/sig-notes.pdf

[6] Source, dernier accès avril 2018:
https://people.eecs.berkeley.edu/~sequin/CS284/LECT09/L13.html

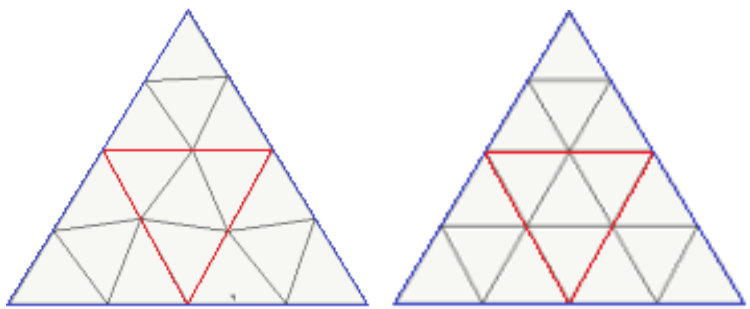
CDLOD

Morphing

- Morphing
  - Transition fluide
  - Opération effectué avant le changement de niveau de détail.



(a) (b) (c)



(d) (e)

Figure: Augmentation du niveau de détail

Besoins

Besoins fonctionnels:

- Algorithme de CDLOD
  - Quadtree
  - Morph
- Interface graphique
- Génération procédurale
  - Carte de hauteur
  - Différents bruits

Besoins non-fonctionnels:

- CMake comme système de configuration
- Utiliser le standard C++11 ou C++14
- Cibler Linux avec des drivers libres (OpenGL 3.3)
- Implémenter des tests

Architecture

Architecture

- PlanetRenderer
  - Projet déjà existant
  - https://github.com/Illation/PlanetRenderer (Robert Lindner)
- Création des cartes de hauteurs
  - Gestion des entrées utilisateur
  - Différents bruits
    - simplex
    - perlin
    - ...

Figure: Exemple de bruit src:
`https://github.com/simongeilfus/SimplexNoise`

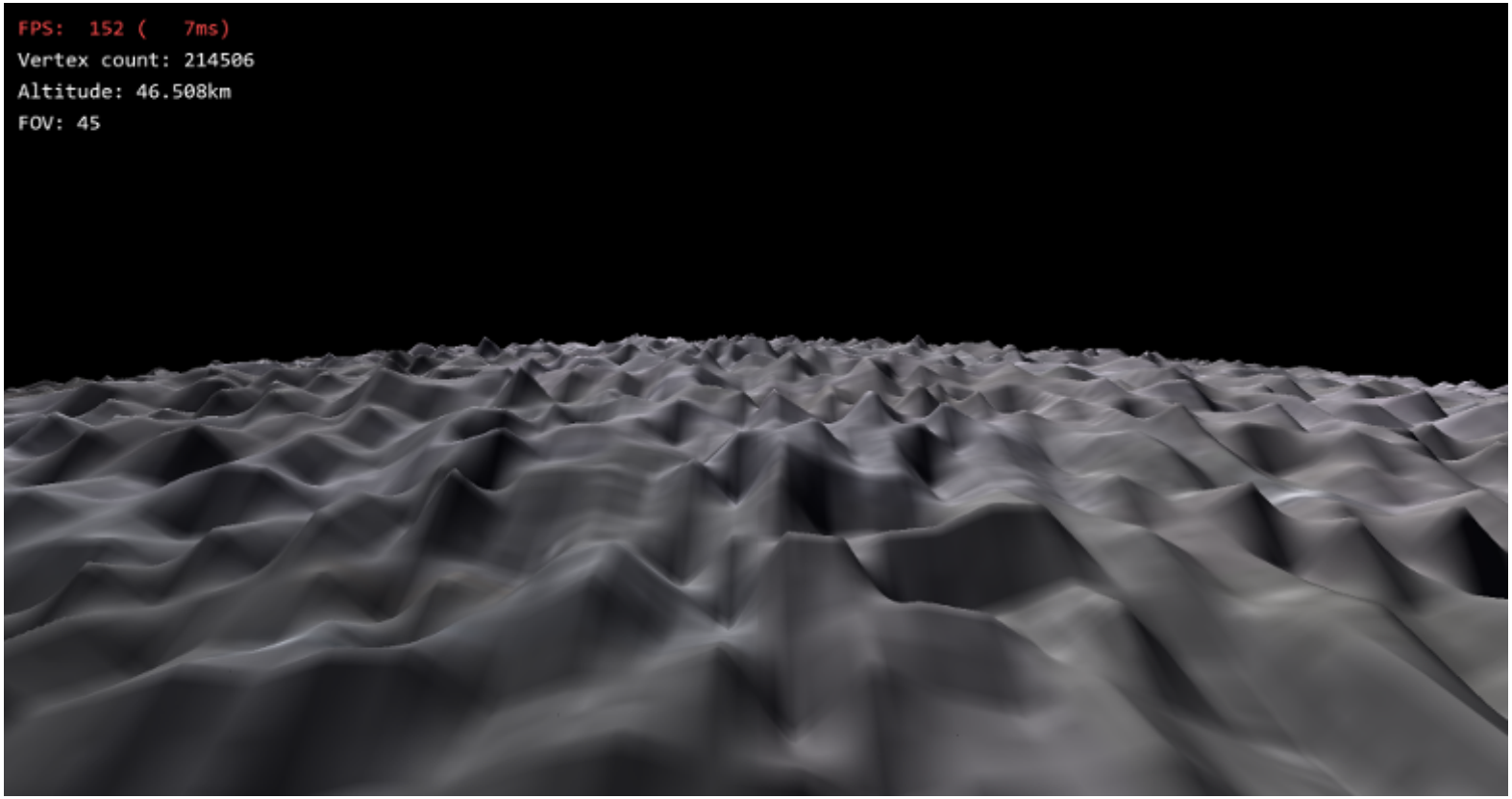


Figure: Planète procédurale FBM

Architecture

Scène

- Initialise Caméra, Time
- Créer la planète

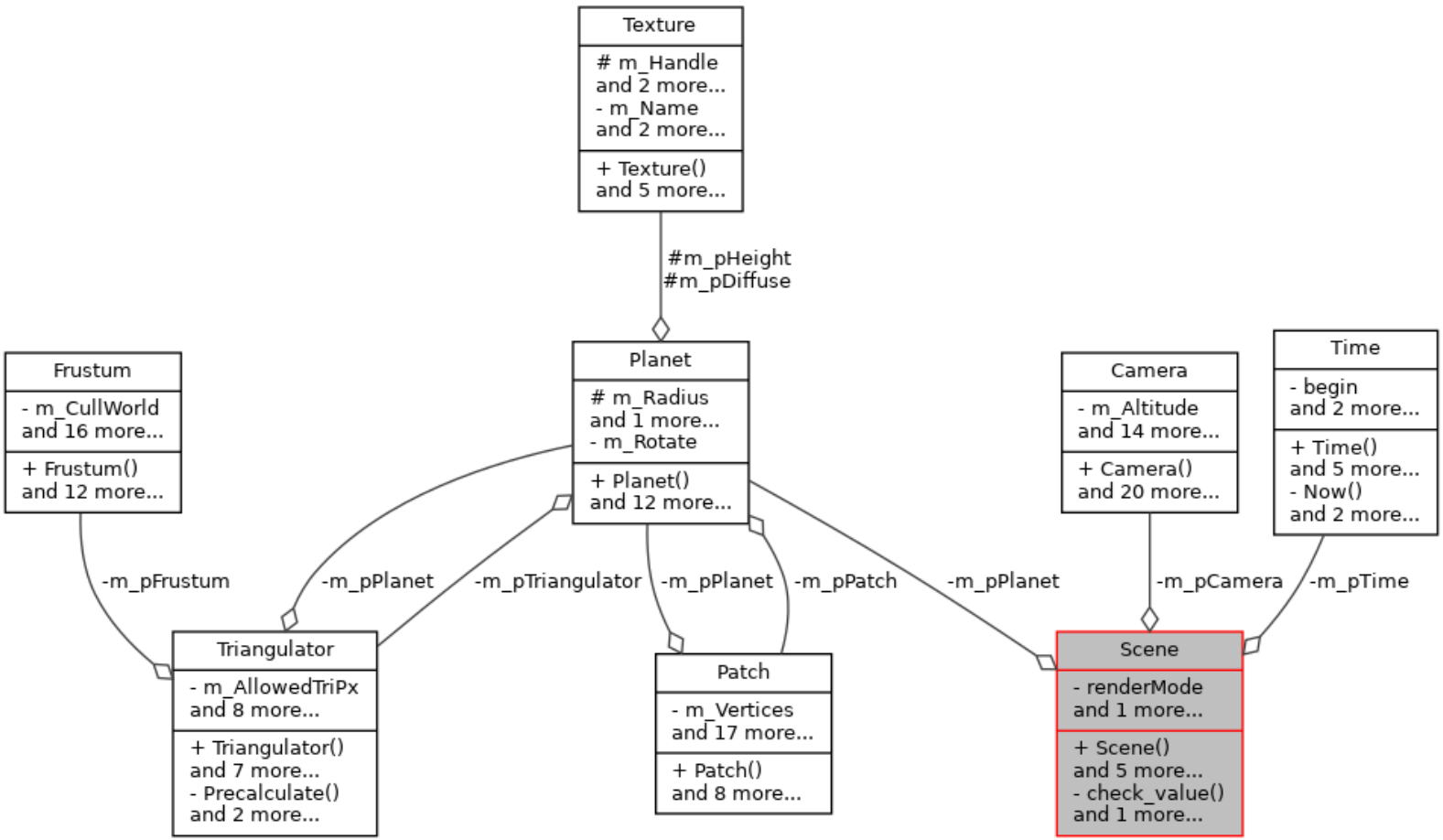


Figure: Diagramme de classe

Architecture

Planète

- Génère la carte de hauteur
- Créer la planète
- Classe Triangulator, Patch

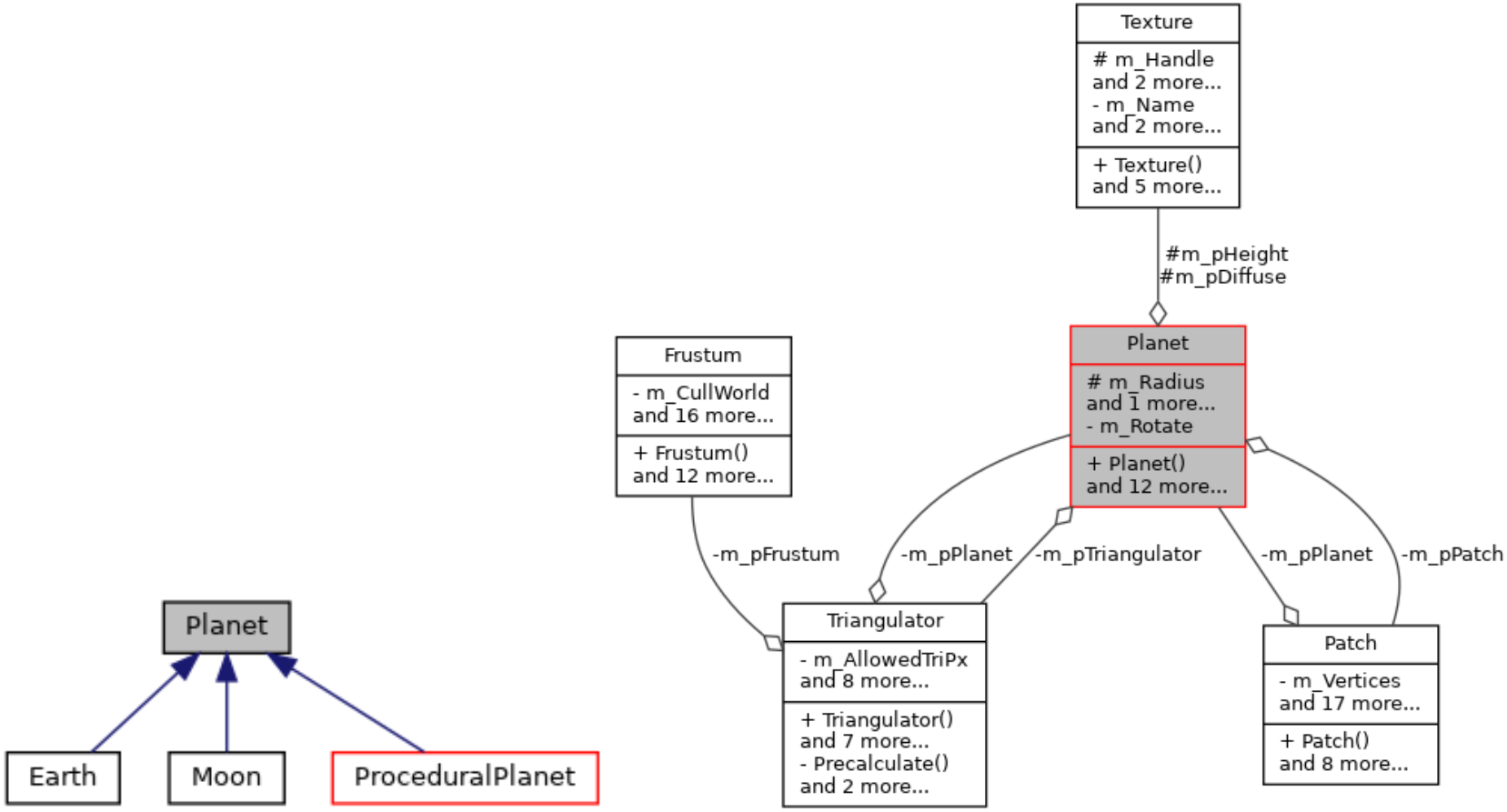


Figure: Classe Planète

Architecture

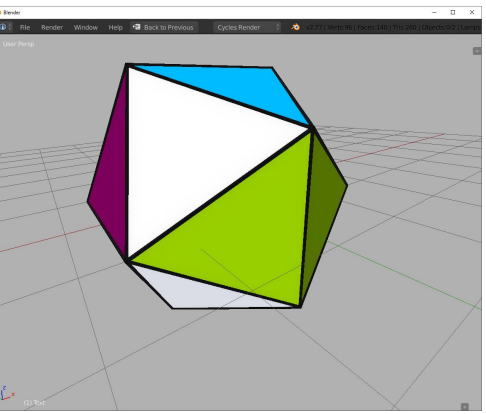
- Classe Triangulator : Génére la géométrie de la planète
  - Classe Frustum : Représente le cône de vision
- Classe Patch : Gère le morphing
- Classe ArgvParser: Gère les entrées utilisateurs

Triangulator et Patch

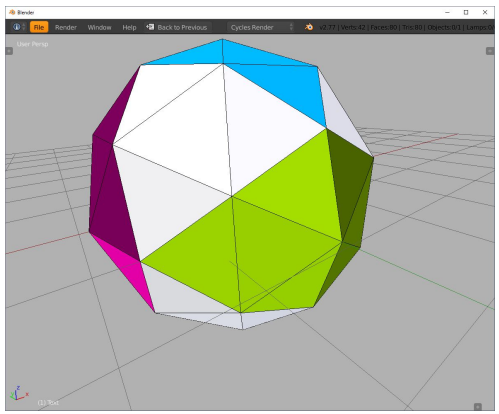
Triangulator

Icosaèdre

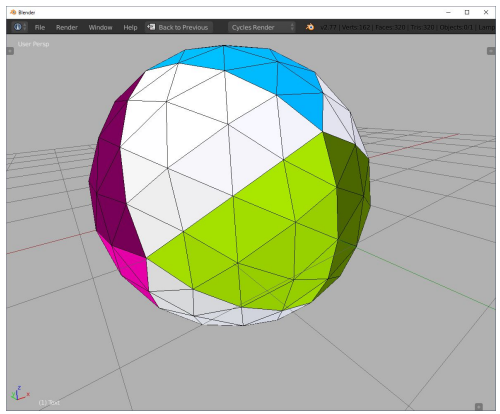
Le triangulator construit un maillage de triangle, en subdivisant récursivement les faces d'un icosaèdre. Le but étant d'approcher une sphère.



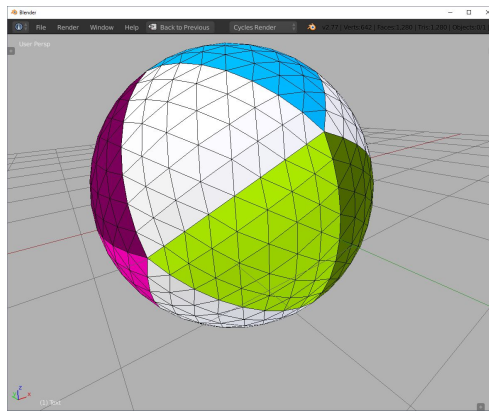
(a) Icosaèdre de base



(b) Récursion total de profondeur 1



(c) Récursion total de profondeur 2

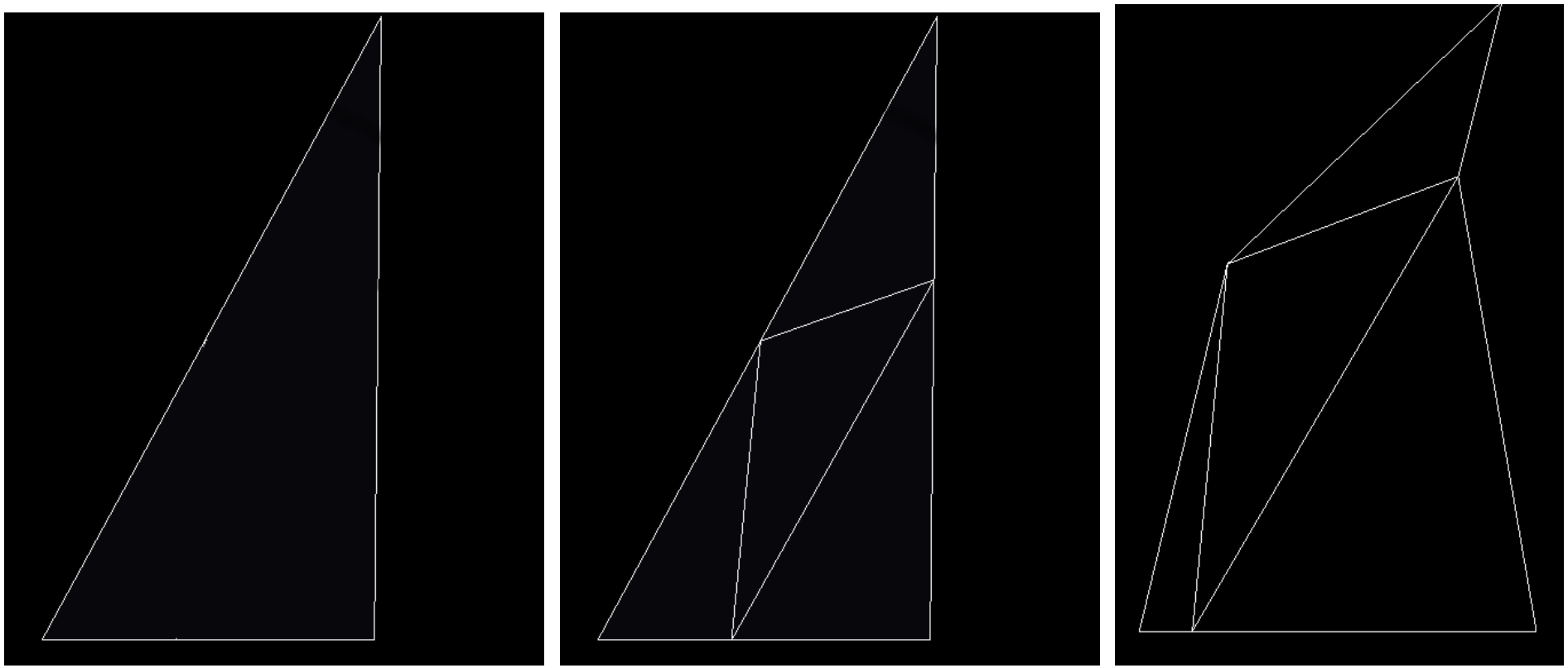


(d) Récursion total de profondeur 3

[6]Source, dernier accès avril 2018: `http://robert-lindner.com/img/blog/planet_renderer/week5-6/researchPaper.pdf`

Triangulator

Subdivision



(e) (f) (g)

Figure: Subdivision d'un triangle, Les enfants sont obtenues en prenant le milieu de chaque coté du père, puis en les normant sur la sphère

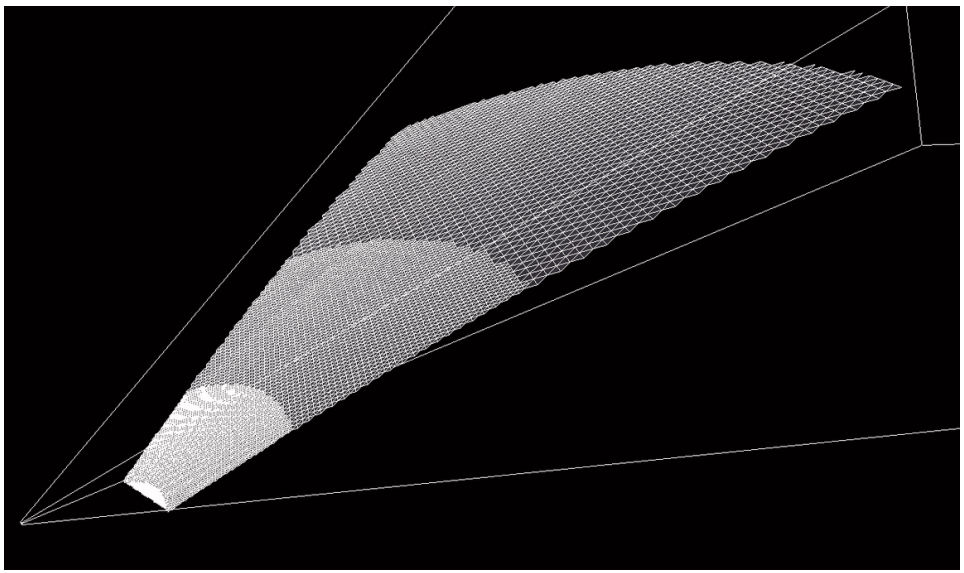
Chaque appel récursif traite un triangle, et s'appuie sur la fonction SplitHeuristic, qui décide si le triangle doit être:

- **filtré**
- **validé**
- ou **subdivisé**

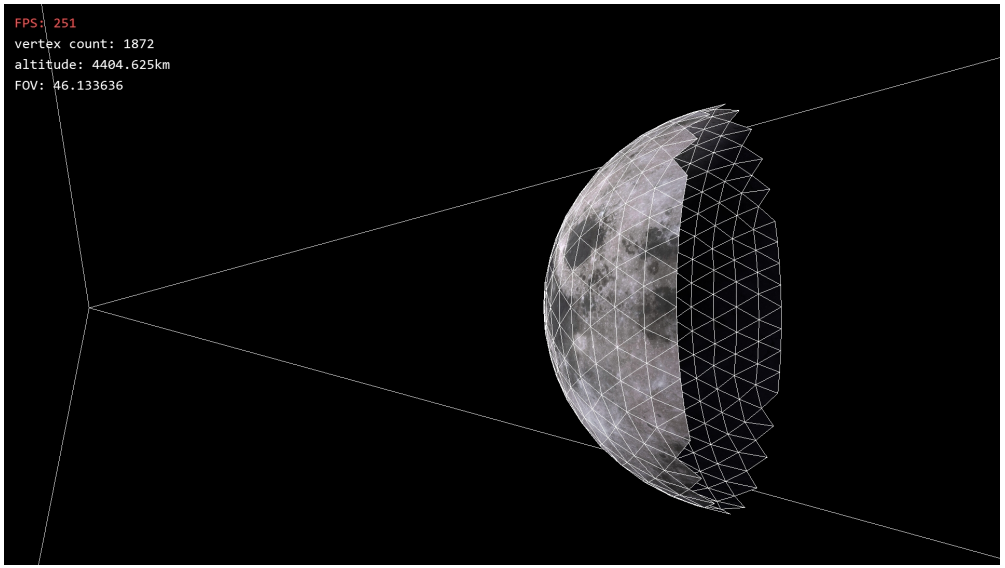
Triangulator

Filtre

Pour chaque appel, la récursion est arrêtée d'office si le triangle est totalement hors du frustum, ou si il fait face à la mauvaise direction.



(a) Frustum culling



(b) Backface culling

[6] Source dernier accès avril 2018: `http://robert-lindner.com/img/blog/planet_renderer/week5-6/researchPaper.pdf`

Triangulator

Validation

Si le triangle passe les filtres, alors soit :

- Il est suffisamment proche pour être éligibles par la table des distances et est subdivisé en 4 sous triangles.
- Soit il est envoyé au GPU.

La table des distances est un simple tableaux indiquant quels sont les limites pour chacun des niveaux.

[14000,7000,3500,1750,875...]

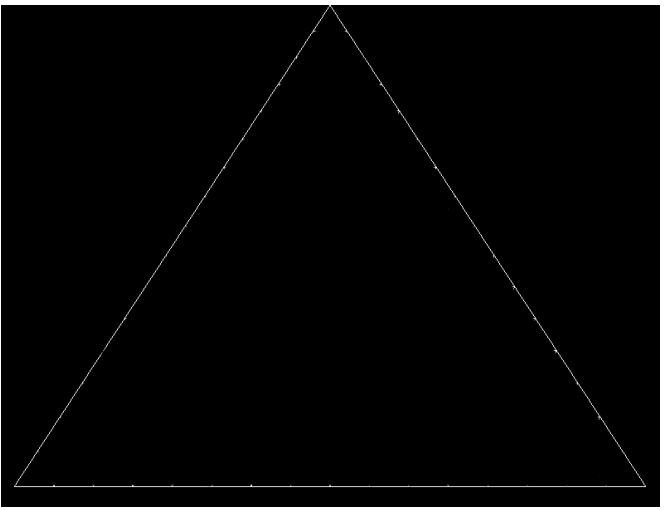
Un triangle de niveaux 2 doit être éloigné de moins de 7000 kilomètres pour être subdivisé.

Patch

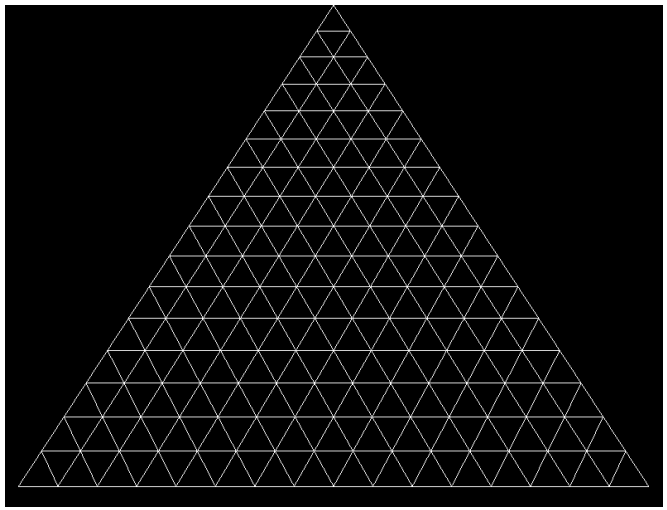
Découpage

Patch permet d'organiser en amont le redécoupage et le morphing des triangles envoyés par Triangulator dans le GPU.

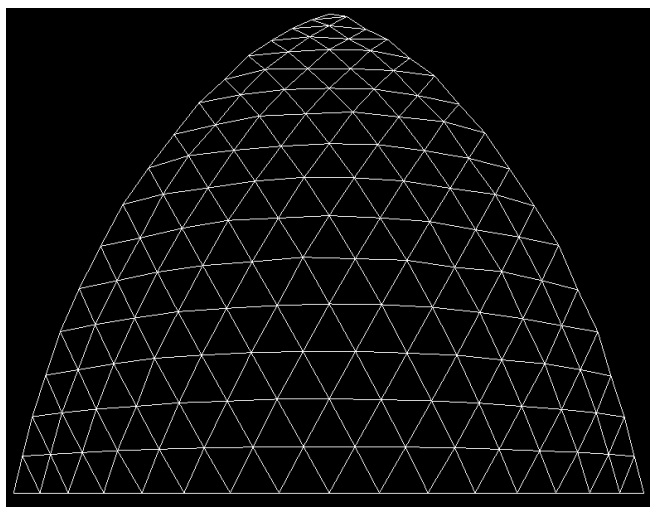
Figure: Découpage d'un triangle dans la carte graphique. Tous les points sont cette fois ci normés selon leurs position dans la heightmap



(a) Triangle sortant de la récursion



(b) Triangle "patché"



(c) Triangle après normalisation selon la carte de hauteur

Tests et analyse du code

Intégration dans le système de compilation:

- Un exécutable par test, compilé avec le reste du programme
- Lancement à partir du système de compilation (module CTest de CMake)

Mocking: remplacer certaines parties du programme par des faux afin de faciliter le test d'une fonctionnalité.

- Remplacer la définition d'une classe ou d'une fonction par un faux pour contrôler son comportement
- Rediriger un appel de fonction pour l'effacer ou récupérer ses arguments grâce au préprocesseur

```
#define glActiveTexture                (void)sizeof
// ...
#define glBufferData(t,size,buff,m)  test(buff, size)
```

Tests

Exemple de test unitaire

`Triangulator::SplitHeuristic`:

- Entrées: un triangle du maillage
- Sorties: Le status du triangle:
  - Masqué
  - A découper
  - Feuille

Tests

Tests de performance

Tests de performance de la génération de la carte de hauteur pour des résolutions allant de $2^6 \times 2^6 (64 \times 64)$ à $2^{11} \times 2^{11} (2048 \times 2048)$

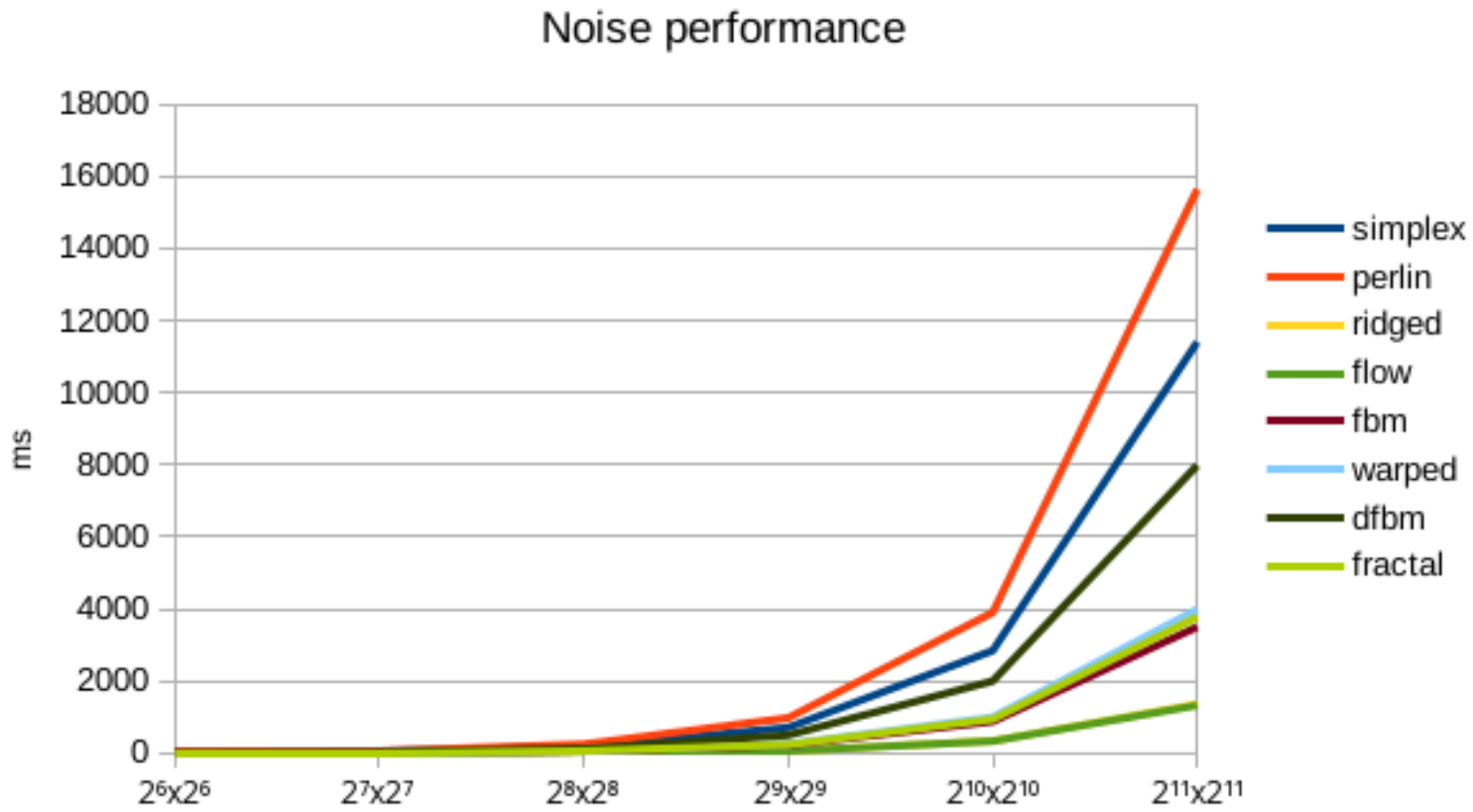


Figure: Temps de génération en fonction de la complexité de la planète (Intel Core I5 3570)

Tests

Analyse statique

Objectifs:

- Améliorer la lisibilité: Utiliser `auto` pour ne pas répéter le type
- Moderniser le code: Utiliser `nullptr` au lieu de `NULL` ou de `0`
- Améliorer les performances Utiliser `emplace_back` dans les conteneurs de la STL au lieu de `push_back`.

Analyseurs utilisés:

- Clang / GCC (`-Wall -pedantic`)
- clang-tidy
- cppcheck

Avantages:

- Intégration dans CMake
- Facilement configurables
- Correcteur automatique de clang-tidy

Bugs corrigés

- Il y avait un dépassement de tableau dans le GPU(Shaders/patch.glsl l 35) lorsque la récursion s'arrêtait à l'icosaèdre (ie: lorsque la planète était trés éloignée):

```
float low = distanceLUT[lev-1];
```

- La fonction SplitHeuristic désactive la vérification du frustum culling pour les futurs niveaux lorsque un triangle est totalement inclue. La fonction alternait anormalement entre ce mode "frustum culling", et le mode subdivision direct, engendrant des vérifications inutiles.

Conclusion

Ajouts

- Portage sous *CMake* (GENie)
- Analyse statique (-Werror ...)
- Analyse dynamique (valgrind, callgrind ...)
  - Modernisation du code
  - Correction de bugs
- Génération des cartes de hauteurs
- Gestion des paramètres d'entrées
- Tests

Annexe

Morphing Rectangle

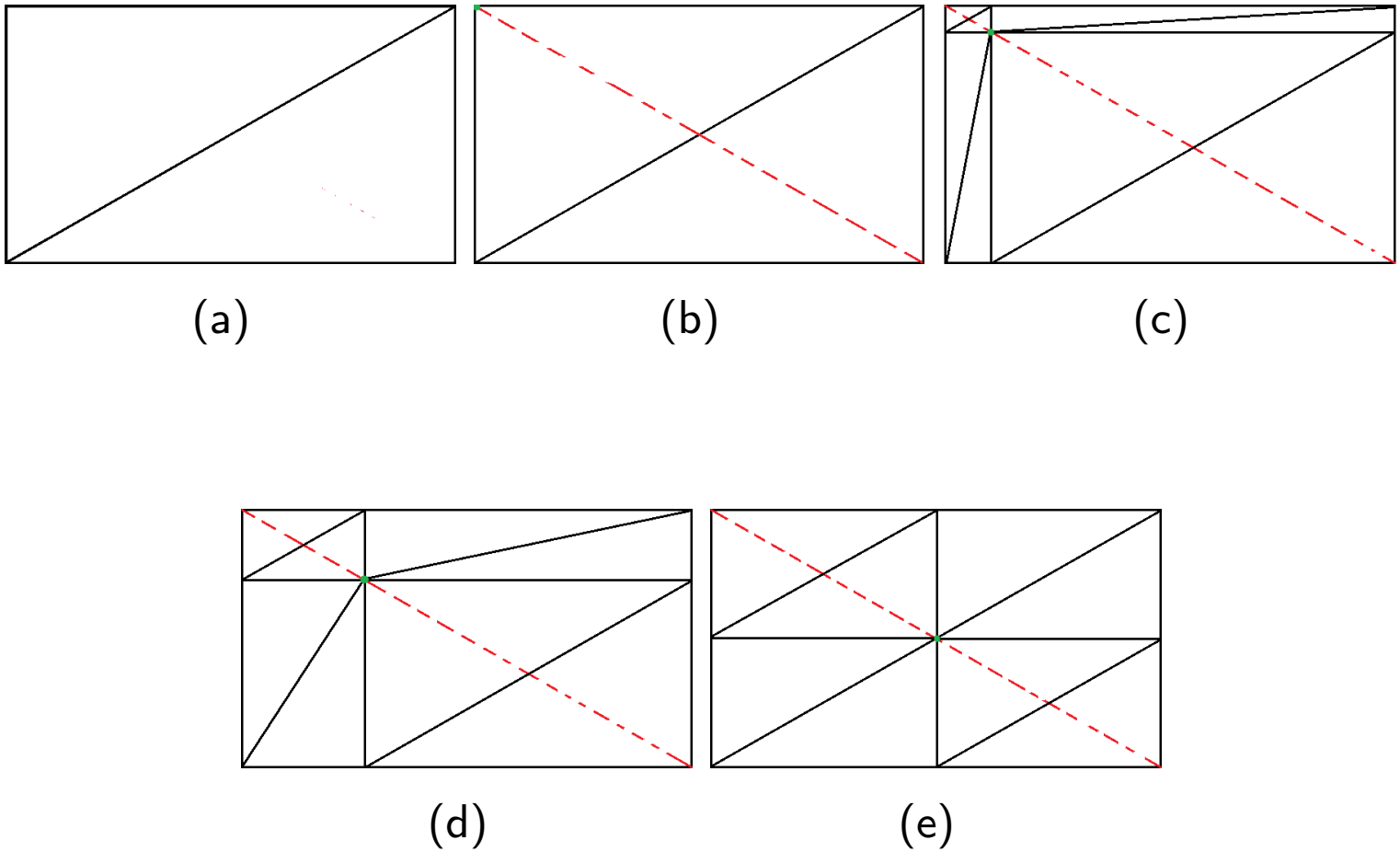


Figure: Augmentation du niveau de détail

Morphing

Le morphing supprime les trous aux frontières entre zones de niveaux différents.Ce procédé s'applique indépendamment sur chacun des points. La direction du morph a été renseignée par Patch. Son intensité dépend de la distance est du niveau de détail actuel.