

Modélisation et simulation d'écosystèmes

Christopher PAGE, Robin DONNAY

Mai 2019

Résumé

Ce projet a pour but de simuler le cycle vie d'un écosystème végétal à l'aide d'un modèle statistiques et des fonctionnalités proposées par Qt. Cette simulation mettra l'accent sur l'impact de la mort d'un végétal sur ses voisins et sur la dispersion des ressources disponibles causées par cette dernière. Les résultats de ce projet montreront l'effet de la mort des arbres sur leurs environnement modifiant la croissance de la végétation environnante.

Mots-clés : Informatique graphique, Simulation, Écosystèmes, Cycle de vie, Qt

1- Introduction

Dans le cadre du Projet d'Orientation en Master (POM), ce projet a pour but de permettre la découverte et la modélisation d'un environnement simulant le cycle de vie d'un écosystème par la biais d'un modèle statistique. Pendant ce POM nous avons été encadré par Monsieur GALIN Eric, professeur d'informatique en imagerie à l'université Claude Bernard Lyon 1 et chercheur au sein du LIRIS (Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information) dans l'équipe GEOMOD (insérer travail de l'équipe GEOMOD). Nous avons du développer un algorithme simulant la naissance, croissance, mort et décomposition d'un végétal. Pour représenter cette simulation, deux environnements graphiques ont été testé pour n'en garder qu'un seul. De même le modèle a du être révisé pour mieux répondre à notre problématique.

2- Contexte

La simulation d'écosystèmes est fréquemment utilisée dans la génération d'environnement naturels, générant automatiquement diverses plantes sur des terrains variés. De nombreuses méthodes permettant de simuler la croissance et le développement des végétaux ont été proposées, cependant la prise en compte de la mort des végétaux et leur transformation en humus reste encore peu explorée.

L'équipe GEOMOD a développé des modèles permettant de simuler l'interaction entre les plantes et le terrain. Dans ce projet, nous chercherons à prendre en compte le cycle de vie complet des plantes, leur mort et leur décomposition en humus. Les travaux porteront sur deux axes complémentaires :

- Définition du cycle de vie de différentes espèces végétales à l'aide d'un modèle statistique de durée de vie.
- Occupation de l'espace des plantes mortes au sol, empêchant ou favorisant le développement d'autres espèces, pendant et après leur décomposition.

(Ajouter des images)

L'intérêt de développer cette technologie est d'offrir un moyen plus simple et moins coûteux aux entreprises et studios travaillant dans la simulation et les jeux vidéos tout en restant réaliste. Par exemple, l'équipe GEOMOD a travaillé en collaboration avec l'éditeur Ubisoft pour la réalisation de l'environnement du jeu Tom Clancy's : Ghost Recon Wildlands.

(Ajouter des images)

3 – Technologie

(Méthodes de travail)

3.1 – Recherche

Depuis les œuvres de Richard John Haynes^[1] et N. Bessonov and V. Volpert^[2] nous avons pu développer notre propre l'algorithme sur le cycle de vie suivant :

(insérer schéma de cycle de vie cf poster du coloc)

La simulation se déroule en quarts phases distinctes par lesquelles passeront toute les plantes. Tout d'abord, chaque plante à une probabilité de naissance, suivis par une phase de croissance qui débouche sur une phase de mort suivis de près par la dernière étape, la décomposition. Ce système se répétant jusqu'à la fin de la simulation.

3.2 – Environnement Graphique

L'idée initiale était de travailler avec le moteur graphique Unreal Engine 4. L'intégration du projet dans ce moteur permettant d'obtenir un rendu 3D plus réaliste et vivant. La portabilité du moteur sur Windows, MacOS et Linux était aussi un avantage non négligeable. La possibilité de créer une forêt d'arbre en 3D nous avait bien plu et aurait rendu la chute d'arbre plus visuelle. Cependant, la complexité du moteur nous aurait demandé trop de temps pour obtenir de bons résultats. C'est pour cela que nous avons donc décidé de nous ré-orienter vers Qt car il est plus léger et portable. De plus Qt permet d'exporter dans un fichier (PNG, BMP, GIF, ...) le modèle générer par la simulation.

4- Travail réalisé

4.1 – L'écosystème

Notre écosystème est représenté par un tableau de végétaux influencé par des attributs de type sol, ciel et autres. Les végétaux simulés dans notre écosystème sont génériques et permettent de tester notre modèle avec différent type de plantes ayant chacune leur caractéristiques propres. On simule leur espérance de vie grâce à une probabilité de mort en fonction du temps, des ressources disponibles et un d'un peu de hasard.

De plus, nous devons simulé la chute des arbres et l'impact sur l'environnement voisin. La mort d'un arbre entraînant sa chute, ce dernier peut potentiellement amener la chute d'arbres voisins. Ces derniers en se décomposant apportent des ressources et bloquent la germination de nouveaux arbres là où ils ont atterri.

La mort d'un végétal implique aussi un changement de modèle. Ce dernier passant d'une sphère (végétal vivant) à un rectangle (arbre mort). Un arbre vu de dessus ressemble à une sphère grâce à son feuillage. Un arbre en mourant tombe, ses extrémités étant négligeable (petite branche et feuilles/épines), elles sont ignorées pour ne laisser que le tronc représenté alors par un rectangle. Cette représentation nous permet de connaître la zone où la chute de l'arbre mort aura un impact et de faire évoluer le reste de la simulation en tenant compte de cet événement.

(Ajouter image)

4.2– Présentation du modèle initial

Dans un premier temps, nous avons imaginé une représentation du monde sous forme de tableau à deux dimensions et dans chaque case trois attributs correspondant au ciel, aux plantes et aux ressources disponibles sur cette « zone » du monde permettant de modifier sur chaque case les trois domaines. Nous obtenions une représentation 3D du monde assez cubique et coûteuse compte tenu des informations contenu dans certaines case. La plupart des cases de ciel contenant un unique réel représentant l'ensoleillement de la case correspondante. La figure 1 (à droite) montre les 3 couches du modèle. (Effet sandwich des couches ciel et sol sur la végétation, lien trop fort entre les couches sur une case)

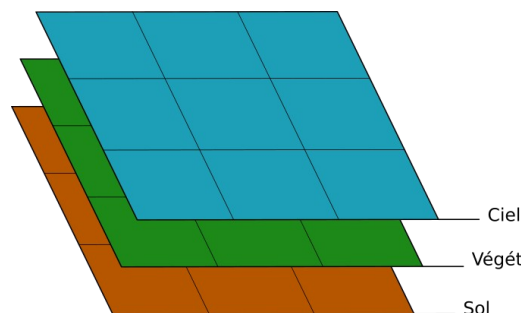


Figure 1 : Représentation du modèle initial

(Gérer l'image : parti droite du texte disparu : Végét au lieu de Végétation)

Finalement, lors d'un entretien avec Monsieur GALIN, nous avons changé de représentation car le modèle initial et son environnement graphique demandait trop de ressources pour être utilisé dans des conditions de tests réels.

4.3 – Révision du modèle

Ce nouveau modèle nous a permis de focaliser notre travail sur la partie importante de notre simulation, la végétation. Les modifications du modèle initial uniformisent les attributs des différentes cases du ciel permettant d'enlever cet attribut du tableau et d'appliquer celle-ci sur la végétation dans son ensemble. De même, le sol a été enlevé du tableau pour devenir un attribut uniforme et unique devenant accessible par toute la végétation. On perd la possibilité de pouvoir modifier localement (case par case) les attributs du sol et du ciel mais cette perte de précision ne diminue pas la validité des résultats de notre simulation pour un système isolé. Cependant, la séparation des trois couches du modèle : ciel, végétation et sol, nous permet d'envisager de futures améliorations pour la simulation grâce à la spécialisation et la diversification des classes représentant les facteurs externes à la végétation. Grâce à ses nouvelles améliorations nous pouvons passer d'un modèle 3D complexe et lourd à un modèle 2D plus simple à réaliser et à visualiser. C'est avec ce nouveau modèle que nous avons obtenu nos résultats actuels.

(observation sur nos résultats)

5- Conclusion

(observation sur nos résultats)

Durant ce projet, nous avons été soumis à de nombreuses contraintes et problématiques. Le développement de simulation de modèle statistique était un domaine nouveau pour nous. Nous avons du réalisé un travail de conception conséquent après une phase de recherche peu concluante. Le premier

modèle obtenu était trop complexe mais il nous a permis d'assembler les différentes parties nécessaires au projet. La révision du modèle nous a permis de ré-ajuster le modèle pour répondre aux objectifs du projets au mieux.

Les améliorations pendant le projet ont aussi remis en cause les technologies que nous devions utiliser. Initialement prévu pour fonctionner sous Unreal Engine, notre projet n'aurait pas pu être fonctionnel à temps. La migration vers Qt était aisée et nécessaire pour obtenir un bon prototype.

Malgré les difficultés rencontrée en cours de développement, cette expérience dans le domaine de la recherche et de la conception nous a permis d'appréhender de nouveaux concepts et de développer des solutions pour concevoir une simulation d'écosystèmes la plus réaliste possible. Néanmoins, nous regrettons d'avoir été débordé par le temps, ne réussissant pas à développer toutes fonctionnalités prévu au début du projet. Notre manque d'organisation durant le projet ayant été le point faible de notre équipe. Nous avons, en revanche, pu manipuler et découvrir Unreal Engine 4 et Qt5, deux environnement de développement qui nous intéressais avant même de démarrer le projet.

Nous avons développé un algorithme simulant la germination, croissance, mort et décomposition d'un végétal. À partir ce cette simulation, nous avons pu implémenter la chute des arbres pouvant entraîner la chute d'autres arbres et de redistribuer les ressources dans l'environnement.

6- Annexes

(Faire annexes correctement)

[1] <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/decomposition-of-organic-matter>

[2] <http://math.univ-lyon1.fr/~volpert/plant.pdf>