

RAPPORT FINAL

Ateliers de Recherche Encadrés – DYNAMIC

professeurs encadrant :

Rannou Léo

Gensollen Nicolas

Équipe de développement :

TOSTIVINT Thomas

KAGABE christ

KESRAOUI Waniss

«SIMULATION DE LA PROPAGATION D'UN FEU DE FORÊT»

Table des matières

Résumé :	1
Introduction :	2
Présentation de la thématique :	2
Développement :	3
-Code :	3
-Simulation:	5
-Analyse:	5
Conclusion :	6

Résumé :

Notre projet en atelier de recherche encadrée consiste en la modélisation d'un feu à l'intérieur d'une forêt, en suivant son évolution au cours du temps en fonction des éléments disposés aléatoirement, avec différents éléments tels que la végétation, la terre et l'eau.

Pour ce faire, les éléments sont placés sur une grille à deux dimensions. Un feu de forêt est initialisé sur une case de végétation aléatoire et va se propager sur le reste de la grille à l'aide du vent et de la percolation dû à la proximité.

(rédaction Thomas)

Introduction:

Ce document est le rapport final du projet réalisé par **Thomas TOSTIVINT**, **Chris KAGABE** et **Waniss KESRAOUI**, réalisé dans le cadre de l'ARE DYNAMIC de l'Université Sorbonne Paris VI. Il a pour but d'expliquer notre travail réalisé pour le sujet «SIMULATION DE LA PROPAGATION D'UN FEU DE FORÊT».

Chaque année, la Terre enregistre de nouveau record de températures causant des dégâts, autant sur le point économique et sociale que environnementale. Les premières répercussions du réchauffement climatiques sont l'extension des déserts (exemple du Sahara empiétant de plus en plus sur le sahel), la montée des océans et de forte canicule dans le monde. Ces canicule accentue les incendies en forêt chaque années. Ainsi, sur l'été 2018 la Californie a connue 8 527 départ de feu et 766 439 hectare de forêt brûlés.

En sachant cela on peut concevoir que connaître comment simuler et savoir les zones les plus sensible au incendies peut s'avérer cruciale afin d'allouer les ressources nécessaire afin de contenir le feu (pompier, avion bombardier d'eau, ...). La simulation de feu de forêt est un premier pas avant de totalement comprendre l'évolution du feu au sein d'une forêt.

(rédaction Thomas)

Thématique:

Il existe une grande variété de définition d'une forêt en prenant en compte plusieurs critères (densité, taille des arbre, utilité écologique,...) mais une caractéristique commune peut être une surface largement dominer par la Végétation et principalement par des arbres, abritant des populations animales. Les forêts ont aussi pour rôle de convertir le dioxyde de carbone en dioxygène, limites les glissement de terrain, favoriser la création de nappes phréatiques.

Le feu est la production d'une flamme par une réaction chimique exothermique d'oxydation appelée combustion.

La combustion est une réaction chimique dégageant de la chaleur (exothermique) et de la lumière. Elle ne peut avoir lieu que si l'on réunit trois facteurs: deux composés chimiques (un combustible et un comburant) et une source d'énergie (énergie d'activation), ce que l'on appelle le triangle du feu.

Sous l'effet de l'énergie d'activation (source de chaleur), le combustible se décompose (pyrolyse), le produit de cette décomposition est un gaz qui réagit avec le comburant (en général le dioxygène qui compose 21 % de l'air). Ainsi, nous pouvons résumer le processus suivant la formule suivante : combustible + énergie d'activation + dioxygène = feu.

(rédaction Thomas)

Développement

Code

Pour réaliser le projet nous nous sommes appuyés sur plusieurs travaux déjà effectués par le passé et les avons améliorés et complétés afin de les rendre plus efficaces.

Le code peut se décomposer en plusieurs parties:

- initialisation des éléments
- propagation du feu et déplacement d'éléments
- animation

Initialisation des éléments:

Afin de modéliser la forêt nous utilisons une matrice de dimension n, m avec n le nombre de lignes et m le nombre de colonnes. Nous utilisons alors la bibliothèque NumPy afin de créer cette matrice alors remplie de zéros.

Nous avons décidé de fixer à chaque élément une valeur, ainsi l'eau vaut -1, la roche 0, les arbres 1, le feu 2, la cendre 3 et les pompiers 5.

Premièrement nous commençons par remplir la matrice avec des arbres. Pour cela nous avons une variable entre 0 et 1 choisie comme paramètre par l'utilisateur et à l'aide d'une variable aléatoire on attribue la

valeur 1 a certaine case. A l'aide d'une seconde variable arbitraire on initialise certaines des coefficients de la matrice a -1 afin de rajouter de l'eau dans notre simulation. Enfin un coefficient de la matrice va aléatoirement être initialisé à 2 afin de fixer le départ de feu de la forêt et on fixe dans un coin de la matrice un coefficient à 5 afin d'initialiser la position des pompier.[codé par Thomas](#)

Après cela, nous avons une fonction qui va générer une seconde matrice a partir de la précédente. Celle ci va servir à attribuer au coefficient des arbres une probabilité de brûler initialement à 1 elle diminue en fonction du nombre de coefficient d'eau autour de l'arbre. Nous avons choisi arbitrairement de diminuer de 0.05 la probabilité de brûler par case d'eau à proximité. [codé par Thomas](#)

Une fois cela effectué nous pouvons chercher les cases de forêt qui remplissent les conditions pour brûler en fonction de la direction choisie. Ainsi, pour l'exemple on prendra en considération que la direction choisie est le vers le Nord. Pour propager à l'aide du vent, on regardera la case en dessous ainsi que celles en bas à gauche et à droite. Pour répondre avec le contact on regarde les cases à proximité, celle à gauche, à droite, en bas et au dessus. Mais le vent allant vers le nord la probabilité de se répandre vers le bas est diminué afin de respecter un certain réalisme. [codé par Thomas](#)

Maintenant que nous savons qu'elles cases sont susceptibles de brûler, nous passons dans la matrice et testons chaque case afin de savoir si elle peut brûler. Si elle remplit la condition elle prendra feu en fonction d'une variable aléatoire et de sa probabilité de brûler calculée précédemment. [codé par Thomas](#)

Les cases mises en feu ne brûleront pas éternellement, c'est pourquoi nous avons décidé qu'une case de feu a une probabilité de 0.5 de s'éteindre et de se transformer en cendre.

Les pompiers qui ont été initialisés dans un coin de la matrice vont avoir comme objectif d'éteindre le feu pour cela ils vont devoir se déplacer. On récupère alors leurs coordonnées ainsi que celle de toutes les cases en feu. On calcule par la suite la distance entre la case de pompier et les cases de feu on choisit ensuite la case de feu la plus proche, les pompiers se dirigeront vers cette case. Afin de rendre les pompiers plus efficaces ils rendent la case ignifuge après leurs passages. [codé par Thomas](#)

Maintenant, nous pouvons regarder s'il reste dans la matrice une case

de forêt susceptible de brûler ou au moins une case de feu, tant qu'elle persiste on peut continuer à propager le feu .

Enfin, une fonction permet de propager le feu à l'aide d'une boucle, tant que la fonction précédente est vraie. Ainsi on peut rendre la matrice une fois que toute la forêt susceptible de brûler le sera et que le feu sera éteint. *codé par Thomas*

(rédaction Thomas)

La simulation:

La dernière étape de la réalisation de notre modèle étant la simulation, cette étape nous permet de visualiser l'évolution du feu dans la forêt et d'avoir une première idée sur notre modèle. Est elle est cohérente ?

Nous avons fait plusieurs simulations, en modifiant la proportion d'arbre et d'eau dans la forêt. on remarque que en globalité la simulation se passe comme espéré, les pompier se dirige vers le feu le plus proche, le feu a tendance à se répandre plus facilement sur les cases qui ne sont pas à proximité d'eau et la tendance générale de propagation suis bien la direction du vent.

Pour rendre la simulation graphique nous avons utilisé une fonction animation qui représente la matrice a chaque instant et modifie les couleurs afin de rendre compte de l'avancement du feu.

(rédaction Thomas)

Analyse :

Afin d'analyser les résultat nous avons décidé de nous baser sur l'évolution du nombre d'arbre entre le début et la fin de la simulation ainsi on peut en tirer certaines tendance générale.

Tout d'abord, la proportion d'arbre influe grandement sur la capacité du feu à se propager ainsi une proportion d'arbre faible, entre 10 et 30% de la

forêt, permettra de limiter la possibilité au feu de se propager longtemps et loin ainsi le feu pour des proportions d'arbre faible met très peu de temps à s'éteindre et les pertes maximale enregistrer sont environ de moins de 5%. Pour de faible proportion d'arbre la proportion d'eau ne change pas grand chose.

pour des proportion plus grande, de 30 à 90%, la quantité d'arbre plus importante et leurs proximité les rend plus sensible au feu, ainsi un grande partie de la forêt est susceptible de brûler.

Enfin, la proportion d'eau fait varier le temps de la simulation, ainsi un feu dans une forêt avec beaucoup de casse d'eau s'éteindra beaucoup plus vite et perdra moins de d'arbre.

Au contraire, si la forêt est pauvre en surface d'eau, elle sera susceptible de voir la majorité de sa forêt brûler.

(rédaction Thomas)

Conclusion:

Au cours de cette enseignement d'ARE DYNAMIC nous avons pu mettre à profit nos connaissance ainsi que les développer sur des bibliothèques (NumPy, matplotlib) et nous a permis de travailler sur un sujet concret avec python.

Néanmoins, si nos simulations respectent bien le cahier des charges que nous avons fixé, il reste loin de coller parfaitement à la réalité. Premièrement la forêt ne prend pas en compte plusieurs facteur comme le terrain qui peut influencer sur la propagation. Les pompiers ont aussi un comportement irrationnels et sont dans la simulations actuelle peut efficaces et souvent ne ralentissent pas du tout la progression du feu.

(rédaction Thomas)