Lycée Lakanal

Simulation d'épidémies à l'aide d'automates cellulaires

Timothé Rios - Arthur Lacoin

Résumé

1 1er jet

1.1 Présentation

1.1.1 Définition formelle

Un automate cellulaire est une matrice de cellules, chacune ayant un état, état appartenant à un ensemble prédéfini. L'état de chaque cellule peut varier au cours du temps suivant une fonction de transfert : l'état de la matrice à l'instant t+1 dépend de son état à l'instant t. L'automate doit donc posséder un état initial étant la matrice des états initiaux des cellules.

1.1.2 Historique

Les automates cellulaires sont plutôt récents. Ils ont été mis au point par John Von Neumann dans son étude des systèmes auto-réplicatifs dans les années 1940. Cette notion a été grandement popularisée par le "jeu de la vie" de John Conway, un automate cellulaire en 2 dimensions paru dans les années 1970. À ce jour, les automates cellulaires ont de nombreuses applications dans divers domaines :

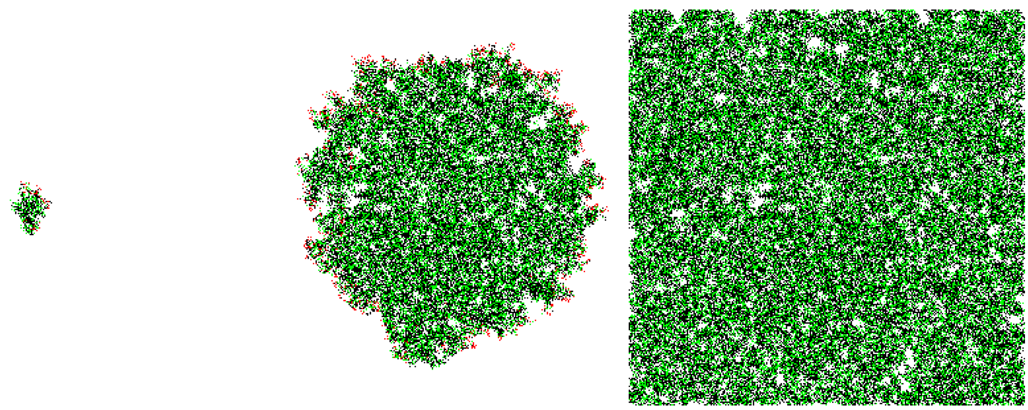
- Diffusion d'un gaz en s'appuyant sur les équations de Navier-Stokes
- Simulation des feux de forêts
- Simulation du trafic routier

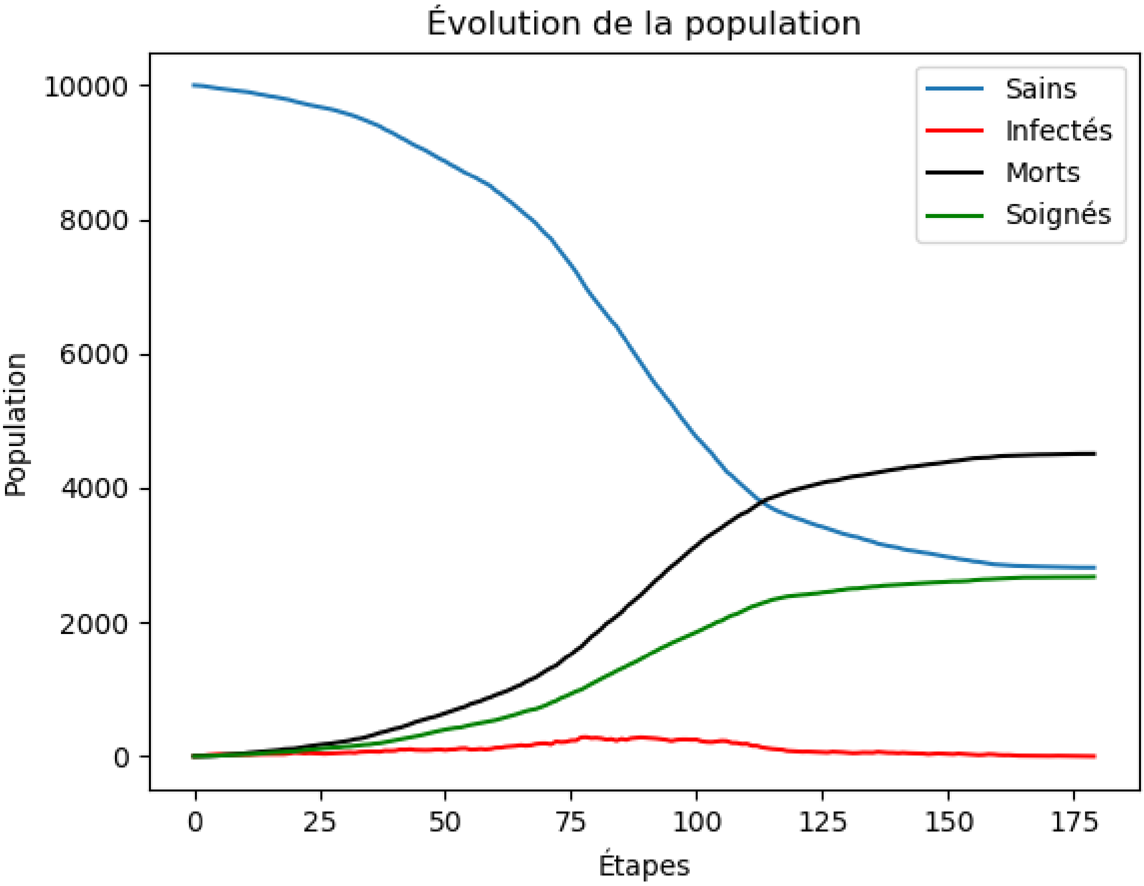
1.1.3 Notre automate cellulaire

Notre automate cellulaire est un automate en deux dimensions qui vise à simuler la propagation d'une épidémie. Les cellules ont donc un état parmi les 4 suivants : Sain, Malade, Guéri, Mort. Lorsqu'une cellule est saine, elle peut tomber malade avec une probabilité p_1 si il y a des malades dans son entourage. Une cellule malade peut soit mourir avec une probabilité p_2 soit guérir avec une probabilité p_3. Les cellules qui sont mortes ou guéries restent dans cet état indéfiniment. La simulation s'arrête lorsque il n'y a plus de cellules malades.

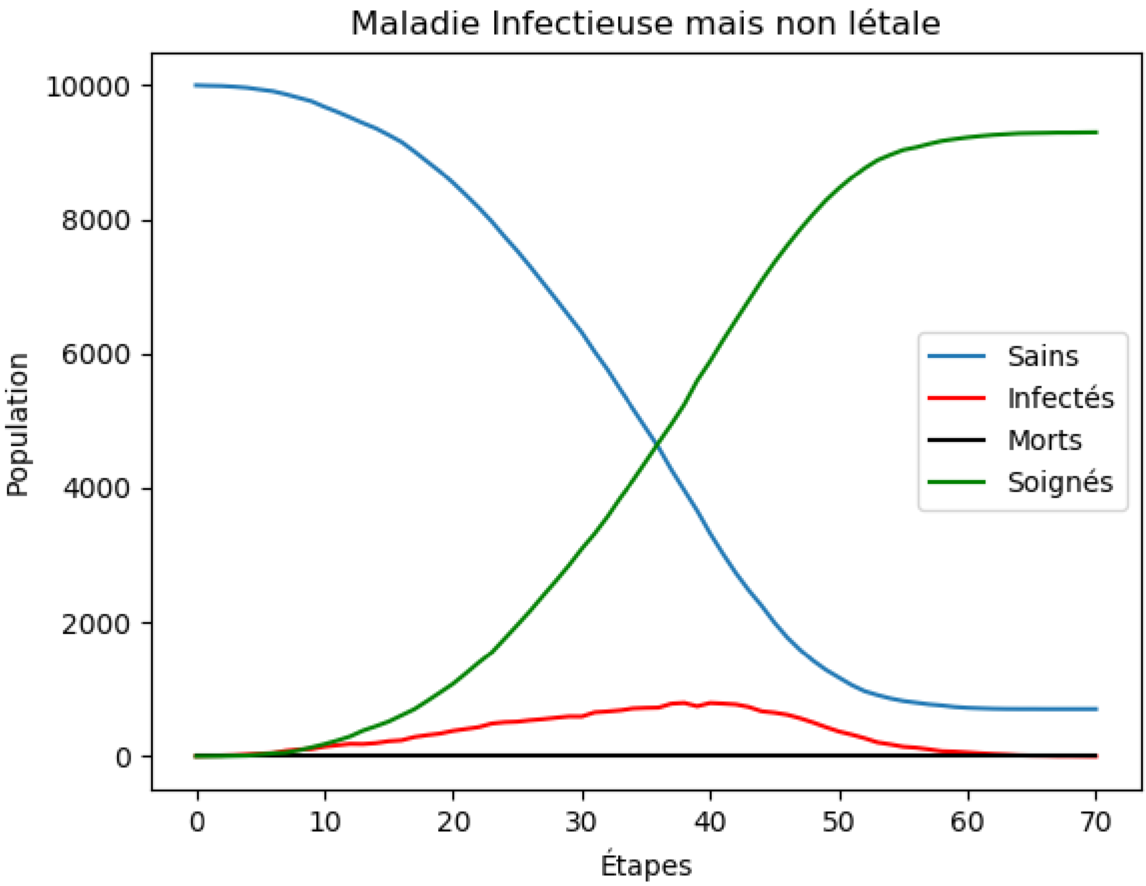
1.2 Résultats

Lorsque l'on lance une simulation, on place l'épicentre de l'épidémie au centre de l'image, puis la maladie se déplace vers les bords de la grille pour finalement s'arrêter lorsqu'il n'y a plus d'infectés.

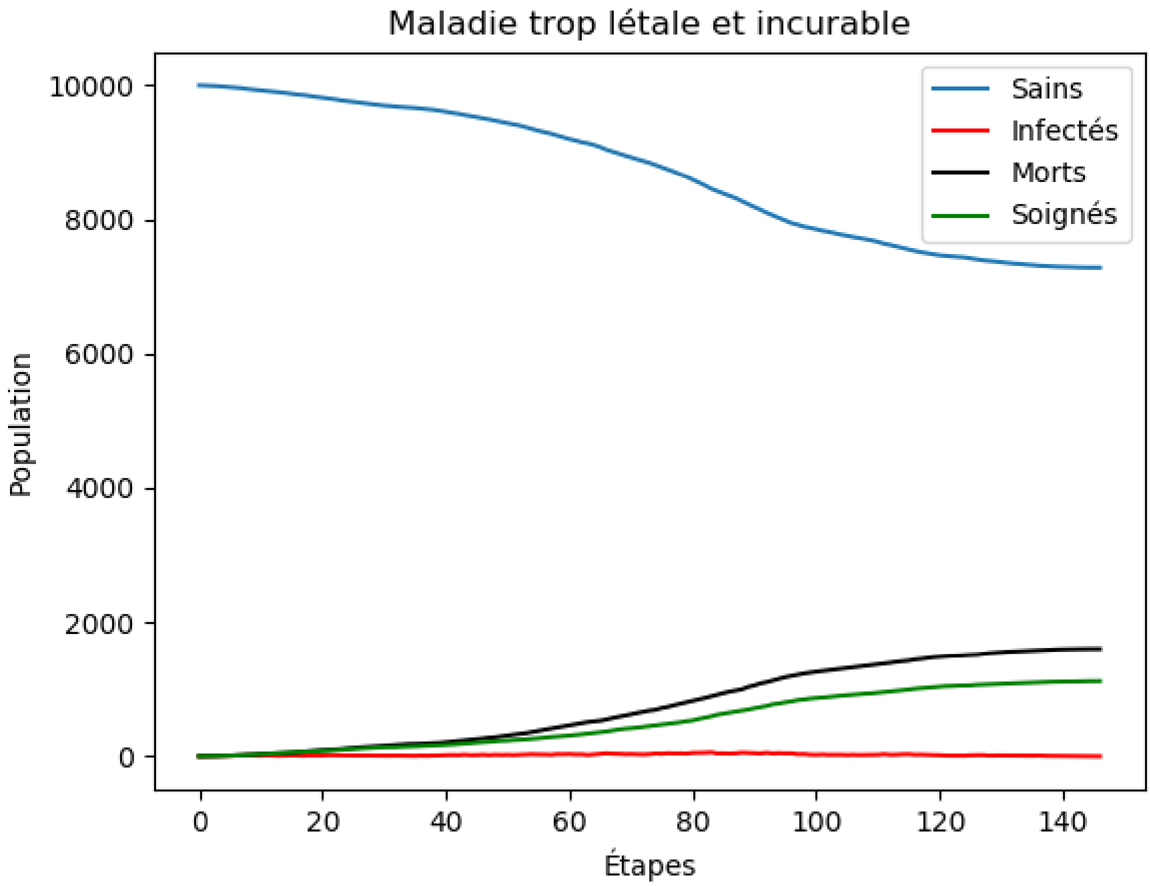




Dans ce cas, on avait $p_1 = 0.2$, $p_2 = 0.25$, $p_3 = 0.2$, et on avais un rayon de contamination de 2.



Ici on voit l'exemple typique d'une maladie très infectieuse mais non létale, un rhume par exemple.



Ici c'est une maladie trop létale pour pouvoir survivre longtemps. Les infectés meurent sans avoir eu le temps de contaminer un de leur voisins.

1.3 Limites

Cette version de l'automate cellulaire fournit déjà des résultats intéressants. Cependant un grand nombre de paramètres ont été négligés. On citera par exemple le fait que l'on suppose la population uniformément répartie, alors qu'en réalité cette densité dépend d'un nombre important de paramètres, par exemple le type de terrain, les constructions humaines (villes par exemple) ou les conditions météorologiques. De plus, on suppose aussi que l'épidémie se déroule en un temps assez court pour que les décès naturels et les naissances soient négligeables, et on néglige les mesures que pourraient prendre certains gouvernements en cas de pandémies majeures.

2 2ème jet

2.1 Présentation

Ce deuxième automate prend en compte plus de paramètres :

— Nous avons cette fois considéré les cellules comme des zones géographiques plutôt que des individus, ayant une population propre, ainsi qu'une répartition Sains-Malades-Morts-Guéris propre.

— Nous avons pris en compte les densités de population, celle-ci dépendante du 'type' de case, à savoir Ville, Campagne ou Montagnes.

— Nous avons pris en compte les mouvements de population, en fonction de deux paramètres : La probabilité qu'une partie de population quitte une case, et la probabilité qu'une case a d'attirer la population des cases adjacentes.

Ces ajouts de paramètres permettent une simulation plus fine et plus proche de la réalité. Cela permet d'utiliser de bien meilleure façon les automates cellulaires, qui ont pour avantage de prendre en compte les paramètres géographiques de la simulation.

2.2 Résultats

2.3 Comparaison