RÉPUBLIQUE DU BÉNIN
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ D'ABOMEY-CALAVI

INSTITUT DE FORMATION ET DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE

BP 526 Cotonou Tel : +229 21 14 19 88
http://www.ifri-uac.net Courriel : contact@ifri.uac.bj

MÉMOIRE

pour l'obtention du

Diplôme de Licence en Informatique

Option : Genie Logiciel

Présenté par :
Mahugnon Elauriche Nickson **TOHO**

Simulation de phénomènes naturels à l'aide du jeu de la vie dans l'espace RVB

Sous la supervision :
Mr Armand **ACCROMBESSI**

Membres du jury :

SANDA MAHAMA Amadou Tidjani	Docteur	IFRI	Président
HOUNSOUNON Fidèle	Ingénieur	IFRI	Examinateur
ACCROMBESSI Armand	Grade	IFRI	Rapporteur

Année Académique : **2022 - 2023**

Sommaire

Dédicace ii

Remerciements iii

Résumé iv

Abstract v

Liste des figures vi

Liste des acronymes vii

Glossaire viii

Introduction 2

1 Etat de l'art 4

2 Analyse, Conception et Choix technique 13

3 Présentation de l'application et discussion 21

Conclusion 33

Bibliographie 34

Webographie 34

Table des matières 35

Dédicace

À
Ma mère Laureat **AGOSSA**,
Mon père Richard **TOHO**

Remerciements

A travers ce mémoire, je tiens à remercier :

- Le Directeur de l'Institut de Formation et de Recherche en Informatique (**IFRI**) Professeur Eugène **EZIN** ;
- Au professeur Gaston **EDAH** directeur adjoint de l'**IFRI** ;
- Monsieur Armand **ACCROMBESSI** mon superviseur pour avoir accepté diriger et suivre avec grand interêt le déroulement de ce projet. Son sens d'écoute, sa disponibilité m'ont ont permis de parfaire ce travail ;
- Les membres de l'administration de l'**IFRI** ;
- Mes enseignants de l'**IFRI** ;
- Monsieur Begis Pascal **DAGBEHOU** Monsieur Théophile **HOUESSOU** et toute l'équipe de la « **Global IT Service** » pour leur accueil lors de mon stage ;
- Mes amis et camarades qui m'ont aidé de proche comme de loin dans la concrétisation de ce projet.

Résumé

Cette étude explore le concept du "Jeu de la Vie", un automate cellulaire développé dans les années 70, en tant que représentant d'une vaste classe d'algorithmes connus sous le nom d'automates cellulaires. L'objectif de cette étude était d'étendre les règles du "Jeu de la Vie" à l'espace coloré RVB afin de visualiser l'évolution des structures dans ce contexte. De plus, nous avons cherché à appliquer les principes du "Jeu de la Vie" dans le domaine de l'épidémiologie pour observer l'évolution de certaines infections au sein d'une population.

Le développement du projet a été réalisé en utilisant le langage de programmation Python, permettant une mise en œuvre efficace des règles étendues du jeu dans l'espace coloré RVB. Les résultats des tests effectués après la phase de développement se sont avérés intéressants, car ils ont permis de déterminer le taux et la probabilité de propagation de l'infection en fonction de certaines variables initiales définies au début de la simulation.

Cette étude souligne l'importance du "Jeu de la Vie" en tant que modèle mathématique abstrait avec des applications potentielles dans divers domaines scientifiques, y compris l'épidémiologie. L'utilisation de couleurs RVB a permis de visualiser les structures émergentes de manière plus expressive, tandis que l'application dans le domaine de l'épidémiologie a ouvert la voie à une meilleure compréhension de la propagation des maladies et à l'évaluation de diverses interventions.

En combinant les concepts de l'automate cellulaire et de l'épidémiologie, ce mémoire contribue à enrichir notre compréhension des modèles de propagation et de la dynamique des infections dans les populations. Ces connaissances peuvent être utiles pour élaborer des stratégies de santé publique plus efficaces et ciblées pour contrôler et atténuer l'impact des épidémies. Le recours à Python comme outil de développement a été un choix judicieux, permettant une mise en œuvre efficace et une flexibilité dans les tests et les analyses. Les résultats obtenus offrent un aperçu précieux pour la recherche future dans ce domaine passionnant de l'épidémiologie basée sur des automates cellulaires.

Mots clés : automates cellulaires, jeu de la vie, Golly, Épidémiologie

Abstract

This study explores the concept of the "Game of Life", a cellular automaton developed in the 1970s, as a representative of a large class of algorithms known as cellular automata. The aim of this study was to extend the rules of the "Game of Life" to RGB color space, in order to visualize the evolution of structures in this context. In addition, we sought to apply the principles of the "Game of Life" to the field of epidemiology, in order to observe the evolution of certain infections within a population.

The project was developed using the Python programming language, enabling efficient implementation of the game's extended rules in RGB color space. The results of the tests carried out after the development phase proved interesting, as they enabled the rate and probability of infection propagation to be determined as a function of certain initial variables defined at the start of the simulation.

This study highlights the importance of the "Game of Life" as an abstract mathematical model with potential applications in various scientific fields, including epidemiology. The use of RGB colors has enabled emergent structures to be visualized more expressively, while application in the field of epidemiology has paved the way for a better understanding of the spread of disease and the evaluation of various interventions.

By combining the concepts of cellular automata and epidemiology, this thesis contributes to enriching our understanding of propagation patterns and infection dynamics in populations. This knowledge can be useful in developing more effective and targeted public health strategies to control and mitigate the impact of epidemics. The use of Python as a development tool was a wise choice, enabling efficient implementation and flexibility in testing and analysis. The results obtained offer valuable insights for future research in this exciting field of cellular automata-based epidemiology.

Key words: cellular automata, game of life, Golly, Epidemiology

Liste des figures

1.1 Règle de sous-population . . . 7
1.2 Règle de sur-population . . . 7
1.3 Règle de survie . . . 7
1.4 Règle de reproduction . . . 8
1.5 Les structures stables . . . 9
1.6 Les structures périodiques . . . 9
1.7 Les structures vaisseau . . . 9
1.8 Les structures infinies . . . 10
1.9 Les structures infinies . . . 10
1.10 Pentamino R . . . 10

2.1 Représentation d'une grille . . . 13
2.2 Diagramme de cas d'utilisation . . . 16
2.3 Diagramme d'activités . . . 17
2.4 Python . . . 17
2.5 PYGAME . . . 18
2.6 NUMPY . . . 18
2.7 Tkinter . . . 18
2.8 Matplotlib . . . 19
2.9 Tensorflow Keras . . . 19
2.10 Visual Studio Code . . . 19
2.11 PyCharm . . . 20

3.1 Crayon et Gomme . . . 22
3.2 Commencer ou mettre en pause la simulation . . . 23
3.3 Arrêter et/ou télécharger une capture de la simulation . . . 24
3.4 Sélectionner une simulation du jeu de la vie classique . . . 25
3.5 Simulation d'une structure chaotique du jeu de la vie classique dans l'espace RVB . . . 26
3.6 Simulation d'une structure Gosper Clider Gun du jeu de la vie classique dans l'espace RVB . . . 27
3.7 État initial de la population . . . 28
3.8 Évolution à la génération n de la transmition . . . 29
3.9 Résultat des simulation . . . 30

Liste des acronymes

AI : Artificial Intelligence i

GOL : Game Of Life i

IA : Intelligence Artificielle i

JDLV : Jeu De La Vie i

PC : Personal Computer i

RGB : Red, Green, Blue i

UML : Unified Modeling Language i

Glossaire

Android :

Android est un système d'exploitation mobile basé sur une version modifiée du noyau Linux et d'autres logiciels libres, conçu principalement pour les appareils mobiles à écran tactile tels que les smartphones et les tablettes. Android est développé par un consortium de développeurs connu sous le nom d'Open Handset Alliance et commercialement parrainé par Google. Il a été dévoilé en novembre 2007, et le premier appareil commercial Android a été lancé en septembre 2008. i

Cellule :

Une cellule est une case composant la grille qui forme l'aire de jeu. i

Compilateur :

Programme permettant de transformer le code d'un algorithme en binaire exécutable par un ordinateur. i

Etat :

Il existe deux états possibles : mort et vivant defini par deux couleurs dans la grille dans les systèmes classiques du jeu de la vie. i

Generation :

Ensemble du système une fois que les règles du jeu de la vie ont été appliquées. i

Grille :

Une grille dans le contexte d'un automate cellulaire est une structure bidimensionnelle composée de cellules. Chaque cellule peut prendre un état ou une valeur spécifique. Les automates cellulaires sont des modèles computationnels qui évoluent dans le temps en fonction des états des cellules et des règles prédéfinies. i

Intelligence Artificielle :

L'intelligence artificielle est un « ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine ». Elle englobe donc un ensemble de concepts et de technologies, plus qu'une discipline autonome constituée i

iOS :

est un système d'exploitation propre à la marque Apple et qui concerne donc toutes les gammes d'appareils de types iPhone, iPod, le iPad et les périphériques compatibles. i

JavaScript :

est un langage de programmation de scripts principalement employé dans les pages web interactives et à ce titre est une partie essentielle des applications web i

Introduction Générale

Le Jeu de la Vie, est un automate cellulaire captivant qui a suscité un intérêt considérable au sein de la communauté scientifique et des amateurs de jeux. Bien que ses règles initiales soient d'une simplicité déconcertante, ce jeu a le pouvoir de générer des motifs complexes et de révéler des comportements émergents surprenants.

Problématique

En épidémiologie, comprendre les dynamiques des maladies et évaluer l'efficacité des stratégies de prévention et de contrôle des épidémies peut présenter plusieurs difficultés. Toutefois, les applications du Jeu de la Vie pourraient être utiles dans la compréhension de l'évolution de certaines infections au sein d'une population donnée. En simulant les interactions entre les individus et en tenant compte de paramètres tels que la probabilité de contamination et la guérison, le Jeu de la Vie offre une perspective intéressante pour étudier la propagation des maladies et explorer l'effet des différentes interventions. Bien que le modèle puisse simplifier certains aspects réels, il peut constituer un outil complémentaire pour aider les épidémiologistes à mieux appréhender les dynamiques épidémiques et à explorer des scénarios potentiels.

Objectifs

L'objectif principal de ce système basé sur le Jeu de la Vie appliqué à l'épidémiologie est de développer un outil de modélisation permettant de mieux comprendre les dynamiques de propagation des maladies au sein d'une population donnée. Ce système vise à offrir une plateforme de simulation pour étudier l'évolution des épidémies, évaluer l'efficacité des interventions de santé publique et explorer divers scénarios épidémiologiques.

Il s'agira plus spécifiquement de :

- Adapter le Jeu de la Vie à l'espace de couleur RVB. Cela permettra de représenter différents états des cellules, tels que les individus sains, infectés ou immunisés, en fonction de leurs valeurs de couleur spécifiques.

- Définir les règles d'évolution appropriées pour la propagation de l'infection dans le modèle probabiliste du Jeu de la Vie. Ces règles incluront la probabilité de contamination entre les cellules voisines infectées et saines, ainsi que la probabilité de guérison ou d'immunisation des cellules infectées.
- Mettre en place une plateforme de simulation conviviale permettant aux utilisateurs d'interagir avec le modèle épidémiologique du Jeu de la Vie. Cette plateforme permettra de sélectionner des paramètres épidémiologiques, d'ajuster les probabilités de contamination et de visualiser l'évolution de l'épidémie sur plusieurs itérations.
- Fournir aux épidémiologistes des résultats tels que le taux d'infection, la probabilité de contamination et le seuil de propagation.

Organisation du document

Ce mémoire est constitué de trois chapitres. Le premier chapitre est une revue de littérature présentant l'épidémiologie et faisant un état de l'art du Jeu de la Vie. Dans le deuxième chapitre, il est effectué une analyse des besoins puis une brève présentation des différents outils utilisés pour la réalisation du travail sans oublier la méthodologie adoptée. Enfin, le troisième chapitre présente les résultats obtenus, une discussion et les perspectives.

Chapitre 1

Etat de l'art

Introduction

Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes penchés sur l'exploration approfondie du concept du Jeu de la Vie dans l'espace de couleur RVB, dans le but de l'utiliser comme outil d'étude en épidémiologie. Ce chapitre se focalise sur l'épidémiologie, les aspects théoriques du Jeu de la Vie, en expliquant sa nature, ses règles et son fonctionnement. Nous décrivons également les différentes structures possibles qui peuvent émerger dans ce jeu, ainsi que quelques applications existantes permettant de simuler le Jeu de la Vie.

1.1 Généralité sur l'épidémiologie

1.1.1 Définitions

1.1.1.1 Épidémiologie

L'épidémiologie est une discipline scientifique qui étudie la répartition, les déterminants et les conséquences des problèmes de santé dans les populations. Elle vise à comprendre comment les maladies se propagent, quelles sont leurs causes et comment elles peuvent être prévenues et contrôlées. L'épidémiologie examine également les facteurs de risque associés aux maladies, les modes de transmission, l'impact des interventions de santé publique et l'évaluation de l'efficacité des traitements.

L'épidémiologie repose sur des méthodes de collecte de données, d'analyse statistique et de modélisation pour étudier les tendances des maladies, identifier les facteurs de risque, évaluer les interventions de santé publique et formuler des recommandations basées sur des preuves. Les épidémiologistes travaillent en étroite collaboration avec d'autres professionnels de la santé, tels que les médecins, les chercheurs, les statisticiens et les décideurs politiques, pour aider à comprendre et à résoudre les problèmes de santé au sein des populations.

1.1.2 Le taux critique

Le taux critique est un concept utilisé en épidémiologie pour décrire les cas d'infection qui ne présentent pas de symptômes apparents ou qui passent inaperçus. Dans le contexte de notre étude, on

peut également introduire ce concept en considérant des cellules infectées qui ne sont pas visuellement distinguables des cellules saines.

Pour représenter le taux critique dans le Jeu de la Vie, on a assigné une valeur de couleur légèrement différente aux cellules infectées, mais non-symptomatiques. Par exemple, on pourrait attribuer une nuance plus claire de la couleur correspondant à l'infection. Ainsi, ces cellules infectées, mais critiques seraient présentes dans le jeu, mais moins visibles ou discernables par rapport aux cellules infectées qui présentent des symptômes visibles.

L'introduction de cellules infectées critiques dans le Jeu de la Vie permet de modéliser la réalité épidémiologique où une partie des infections peut passer inaperçue ou être asymptomatique. Cela reflète le fait que certaines personnes peuvent être porteuses d'une infection sans présenter de signes évidents, mais peuvent néanmoins transmettre la maladie à d'autres individus.

En utilisant cette approche dans le Jeu de la Vie, il est possible d'étudier l'impact du taux critique sur la propagation de l'infection au sein de la population simulée. On peut analyser comment la présence de cas asymptomatiques ou critiques peut influencer la dynamique de l'épidémie, la vitesse de propagation et l'efficacité des mesures de contrôle.

1.1.3 Seuil de propagation

Le seuil de propagation est un concept important en épidémiologie qui représente le niveau critique de transmission nécessaire pour que la propagation d'une maladie devienne épidémique. Dans le contexte de notre étude, le seuil de propagation peut être introduit en définissant des conditions spécifiques qui déclenchent la transmission de l'infection entre les cellules.

Dans le Jeu de la Vie, le seuil de propagation peut être modélisé en utilisant des règles précises pour déterminer quand une cellule infectée a la capacité de transmettre l'infection à ses cellules voisines. Par exemple, on peut définir une règle selon laquelle une cellule infectée peut transmettre l'infection à une cellule saine voisine si un certain nombre prédéfini de ses voisines immédiates est également infecté.

Lorsque ce seuil de transmission est atteint, la propagation de l'infection se produit, et le jeu peut se poursuivre avec une augmentation exponentielle du nombre de cellules infectées. Cela représente le moment où l'épidémie se développe et se propage rapidement dans la population simulée.

En utilisant le Jeu de la Vie pour étudier le seuil de propagation en épidémiologie, on peut analyser comment différents paramètres, tels que le nombre de voisins infectés nécessaires pour la transmission, influencent la dynamique de l'épidémie. On peut également étudier l'impact des mesures de contrôle, telles que la vaccination ou l'isolation des cellules infectées, sur le seuil de propagation et la prévention de la propagation épidémique.

[6]

1.1.3.1 Généralité

Voici quelques généralités sur l'épidémiologie :

- **Étude des maladies :** L'épidémiologie examine les maladies infectieuses (comme la grippe, le VIH, la COVID-19) et d'autres problèmes de santé qui affectent les populations.
- **Mesure de la fréquence des maladies :** L'épidémiologie permet d'estimer la charge de la maladie dans une population.

- **Recherche des facteurs de risque :** L'épidémiologie identifie et évalue les facteurs de risque associés aux maladies. Ces facteurs peuvent être liés à l'environnement, au mode de vie, à la génétique ou à d'autres caractéristiques individuelles ou collectives.
- **Détection des épidémies :** L'épidémiologie joue un rôle crucial dans la détection précoce des épidémies et des flambées de maladies. Cela permet une réponse rapide et appropriée des autorités de santé publique pour limiter la propagation de la maladie.
- **Évaluation des interventions :** L'épidémiologie évalue l'efficacité des interventions de santé publique, telles que les campagnes de vaccination, les programmes de prévention, les politiques de santé, etc. Afin de déterminer leur impact sur la santé des populations.
- **Utilisation de méthodes statistiques :** L'épidémiologie utilise des méthodes statistiques pour analyser les données épidémiologiques, identifier les tendances, déterminer les associations entre facteurs de risque et maladies, et estimer les risques relatifs.

L'épidémiologie joue un rôle crucial dans la compréhension des maladies et des facteurs de risque qui y sont associés, ce qui aide à sauver des vies, à prévenir les épidémies et à promouvoir la santé globale des communautés à travers le monde.

1.2 Notions théoriques sur le jeu de la vie

1.2.1 Définitions

1.2.1.1 Automate cellulaire

Un automate cellulaire, c'est un ensemble de cases ou "cellules" (par exemple les éléments d'un tableau, les carreaux d'une feuille de papier quadrillé ou les cases d'un damier...). Chaque case peut se trouver dans plusieurs états (occupée ou vide ; blanche, noire ou rouge ; allumée ou éteinte...). L'automate évolue en fonction de règles précises, à chaque étape ou génération. Le contenu de chaque case, lui, est déterminé à partir de son état précédent et de celui de ses proches voisines, un peu comme les valeurs des cases d'un tableur sont calculées les unes à partir des autres.

1.2.1.2 Jeu de la vie

Le jeu de la vie de John Conway, un jeu à un seul joueur également connu sous le nom de Life, est un automate cellulaire qui fonctionne sur une grille carrée en 2D. Dans le jeu de la vie, chaque carré de la grille représente une cellule, qui peut être vivante ou morte. L'évolution du jeu de la vie est automatique et ne nécessite pas l'intervention du joueur, ce qui en fait un jeu sans joueur. Le jeu de la vie a suscité beaucoup d'intérêt et de popularité depuis son invention et reste un sujet d'intérêt pour les mathématiciens et les informaticiens.

1.2.2 Histoire

Le jeu de la vie de John Conway a été créé en 1970 par le mathématicien britannique John Horton Conway. Depuis sa publication, il a captivé l'intérêt des mathématiciens, des informaticiens et

des amateurs de jeux en offrant une expérience unique de génération de motifs complexes à partir de règles simples. Le jeu de la vie a été utilisé pour étudier les automates cellulaires, les systèmes dynamiques et l'émergence de la complexité à partir de règles locales. Il a également trouvé des applications dans d'autres domaines, tels que la biologie et l'informatique. Le jeu de la vie a influencé la culture populaire et continue d'être exploré et apprécié à ce jour, malgré le décès de John Conway en 2020.

1.2.3 Règles du jeu de la vie classique

Le jeu de la vie n'est pas vraiment un jeu au sens ludique, puisqu'il ne nécessite aucun joueur ; il s'agit d'un automate cellulaire, un modèle où chaque état conduit mécaniquement à l'état suivant à partir de règles pré-établies.
Le jeu se déroule sur une grille à deux dimensions, théoriquement infinie, mais de longueur et de largeur finies et plus ou moins grandes dans la pratique, dont peuvent prendre deux états distincts : « vivantes » ou « mortes ». À chaque étape, l'évolution d'une cellule est entièrement déterminée par l'état de ses huit voisines de la façon suivante :

(R1) **Règle de sous-population :** Si une cellule en vie a moins de deux voisines vivantes, elle meurt à l'étape suivante. C'est le cas de la cellule dans la configuration ci dessous.

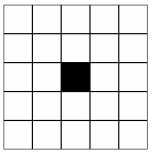


FIGURE 1.1 – Règle de sous-population

(R2) **Règle de sur-population :** Si une cellule en vie a plus de trois voisines vivantes, elle meurt à l'étape suivante. C'est le cas de la cellule verte dans la configuration ci dessous.

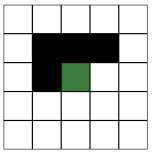


FIGURE 1.2 – Règle de sur-population

(R3) **Règle de survie :** Si une cellule a deux ou trois voisines vivantes, elle est vivante à l'étape suivante. Dans le cas de la configuration ci dessous, la cellule située entre les deux cellules vivantes survivra à l'étape suivante.

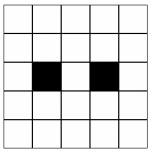


FIGURE 1.3 – Règle de survie

(R4) **Règle de reproduction :** Si une cellule a exactement trois voisines vivantes, elle est vivante à l'étape suivante. Dans le cas de la configuration ci dessous, la cellule située au milieux des trois cellules vivantes sera vivante à l'étape suivante.

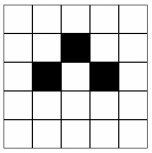


FIGURE 1.4 – Règle de reproduction

Légende des schémas

Afin de représenter le processus, les cellules vivantes sont généralement représentées colorées sur la grille, sur un fond de cellules mortes incolores.

Les schémas de cet article suivent les conventions de couleur suivantes :

- **Noir :** cellules en cours de vie
- **vert :** cellules mourantes

1.2.4 Fonctionnement

Le Jeu de la Vie de Conway est un automate cellulaire basé sur une grille bidimensionnelle de cellules vivantes et mortes. Voici comment il fonctionne :

1. **Grille :** Le jeu se déroule sur une grille composée de cellules, où chaque cellule peut être dans l'un des deux états possibles : vivante ou morte. La grille peut être de taille finie ou infinie, selon l'implémentation.
2. **États initiaux :** Au début du jeu, l'utilisateur définit l'état initial de la grille en spécifiant quelles cellules sont vivantes et quelles cellules sont mortes. Cela peut se faire manuellement en activant ou désactivant les cellules individuellement, ou en utilisant des configurations prédéfinies.
3. **Règles de transition :** Les cellules évoluent d'une génération à l'autre en suivant des règles de transition simples. À chaque génération, l'état d'une cellule est déterminé en fonction de l'état de ses huit voisines immédiates. Les règles sont les règles de sous-population, de surpopulation, de survie et de reproduction.
4. **Évolution des générations :** Une fois les règles de transition appliquées à chaque cellule, une nouvelle génération est créée. Cela implique de mettre à jour simultanément l'état de toutes les cellules de la grille en fonction de l'état de leurs voisines. Les générations successives représentent l'évolution du jeu au fil du temps.
5. **Affichage :** L'état actuel de la grille est affiché graphiquement, généralement avec des symboles ou des couleurs pour représenter les cellules vivantes et mortes. Cela permet à l'utilisateur de visualiser la progression du jeu et les motifs qui se forment.
6. **Répétition des générations :** Le processus d'évolution des générations se répète indéfiniment, sauf si une condition d'arrêt est spécifiée. Cela permet de voir comment les configurations initiales évoluent et de découvrir des motifs stables, des oscillateurs ou même des structures complexes appelées vaisseaux ou planeurs. [1]

1.2.5 Les differentes structures de Jeu de la vie

A peine a-t-on commencé de jouer au jeu de la vie que l'on peut de´ja` distinguer des formes plus ou moins durables dans le temps. Voici les principaux types structures possibles dans le Jeu de la Vie :

1.2.5.1 Les structures stables

Il s'agit d'une configuration où les cellules atteignent un état stable et ne changent plus d'une génération à l'autre. Cela signifie que toutes les cellules vivantes ont un nombre de voisines vivantes approprié pour survivre et que toutes les cellules mortes ont un nombre de voisines vivantes insuffisant pour naître. Les configurations stables peuvent être des structures simples comme des blocs statiques ou des structures plus complexes.

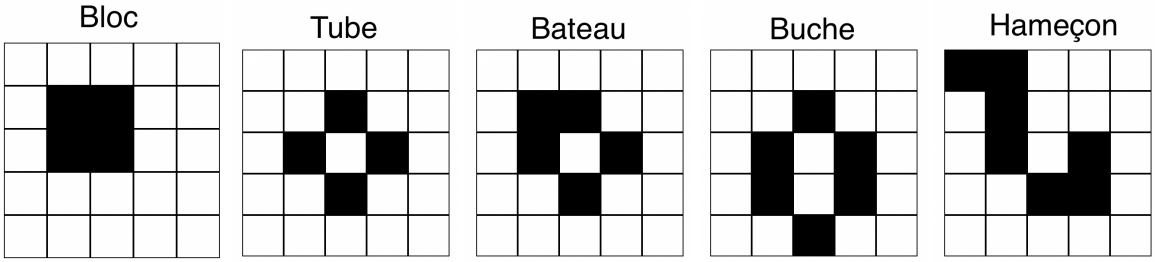


FIGURE 1.5 – Les structures stables

1.2.5.2 Les structures périodiques ou Oscillateurs

Les oscillateurs sont des configurations qui se répètent périodiquement après un certain nombre de générations. Ils peuvent avoir différentes périodes, c'est-à-dire le nombre de générations nécessaires pour revenir à leur état initial. Les oscillateurs les plus simples sont les oscillateurs à période 2, également appelés "clignotants", qui alternent entre deux états.

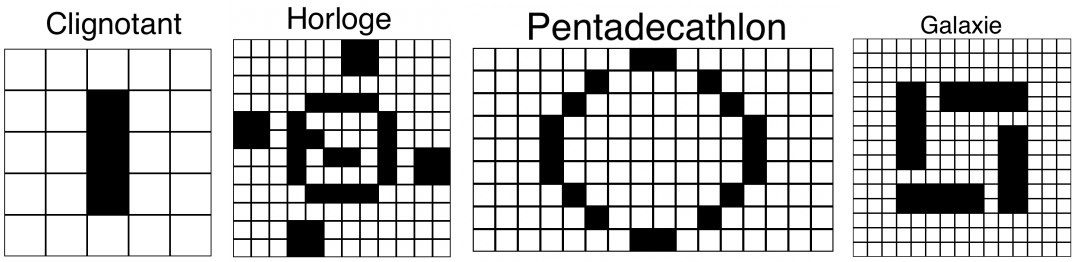


FIGURE 1.6 – Les structures périodiques

1.2.5.3 Les structures vaisseaux ou planeurs

Les vaisseaux et les planeurs sont des structures qui se déplacent à travers la grille au fur et à mesure des générations. Ils ont des configurations périodiques qui se répètent après un certain nombre de générations, mais se déplacent également dans une direction spécifique. Les vaisseaux sont des structures plus grandes qui se déplacent à une vitesse constante, tandis que les planeurs sont des structures plus petites qui se déplacent de manière diagonale.

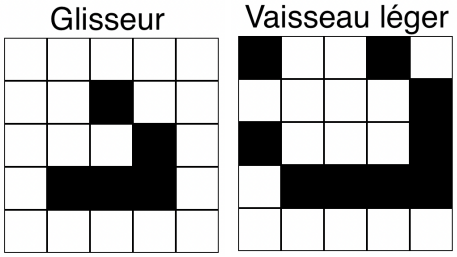


FIGURE 1.7 – Les structures vaisseau

1.2.5.4 Les structures infinies

Ce sont des configurations qui vont engendrer un nombre croissant de cellules. Il existe une preuve est apportée par l'existence d'une telle configuration, le canon à glisseur de Gosper, dont une partie est périodique et qui à chaque cycle va générer un glisseur qui partira glisser vers l'infini.

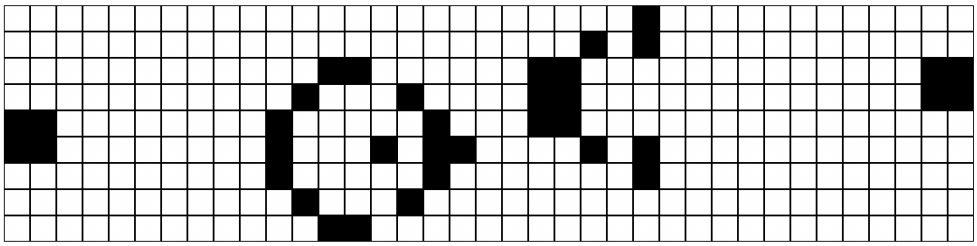


FIGURE 1.8 – Les structures infinies

1.2.5.5 Les structures chaotique

Il existe des configurations qui ne se stabilisent pas et ne se répètent pas périodiquement. Ces configurations peuvent générer des interactions complexes entre les cellules qui conduisent à des formes chaotiques et imprévisibles. Cela peut inclure des structures qui se déplacent de manière erratique ou des interactions qui créent de nouvelles structures de manière apparemment aléatoire.

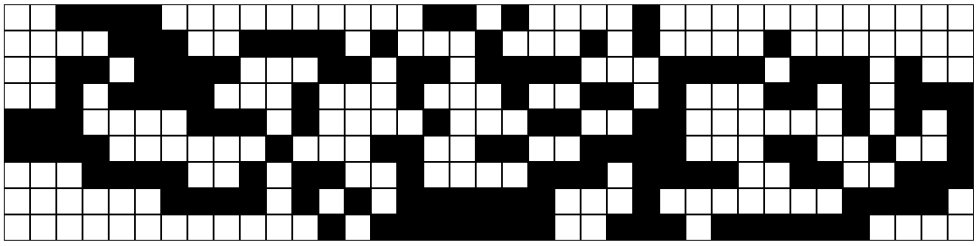


FIGURE 1.9 – Les structures infinies

1.2.5.6 Autre structure

Le Pentamino R est un automate cellulaire de type Mathusalem, c'est à dire qu'il évolue pendant une longue période (1103 générations) avant de se stabiliser vers des structures périodiques ou vaisseau.

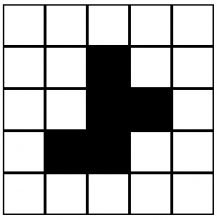


FIGURE 1.10 – Pentamino R

1.3 Etat de l'Art

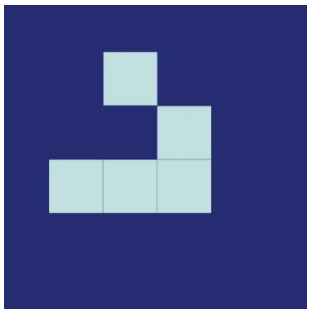
1.3.1 Présentation des solutions existantes

1.3.1.1 GOLLY



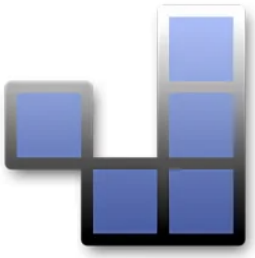
Golly est une application open source et multi-plateforme permettant d'explorer le jeu de la vie de Conway et de nombreux autres types d'automates cellulaires. Les auteurs principaux sont Andrew Trevorrow et Tom Rokicki, avec des contributions au code de Chris Rowett, Tim Hutton, Dave Greene, Jason Summers, Maks Verver, Robert Munafo, Brenton Bostick et Dongook Lee.
[2]

1.3.1.2 Conway's Game of Life for iOS



Une implémentation open-source du jeu d'automates cellulaires Game of Life, tel que décrit par John Conway en 1970. Une implémentation dédiée aux systèmes IOS.

1.3.1.3 GameOfLife



Cette implémentation offre une taille illimitée de l'univers, qui peut être mis à l'échelle, chargé et sauvegardé dans de nombreux formats de fichiers populaires. Il est également possible de définir les règles du jeu, le temps de génération des nouvelles générations, etc. Enregistrement d'une capture

d'écran du jeu dans un fichier ou dans le presse-papiers.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné les solutions existantes liées à notre étude et il est apparu clairement que ces dernières suscitent un vif intérêt. Cependant, elles n'ont pas exploré l'application du Jeu de la Vie dans l'espace de couleur RVB ni son utilisation spécifique dans le domaine de l'épidémiologie. Par conséquent, le prochain chapitre présentera notre système en détail, en mettant l'accent sur sa conception et les outils que nous avons utilisés pour sa réalisation.

Chapitre 2

Analyse, Conception et Choix technique

Introduction

La phase d'analyse d'un projet consiste à déterminer la description du besoin pour élaborer la solution technique. À la fin de ce chapitre, nous devrons être capables de ressortir le fonctionnement du système ainsi que l'architecture de sa conception. Il sera donc question ici, d'analyser les besoins du système, de le modéliser afin d'effectuer les choix techniques adaptés à sa mise en place.

2.1 Changements apportés au système

Le Jeu de la Vie est traditionnellement basé sur un modèle binaire où les cellules sont soit vivantes, soit mortes. Cependant, ce système novateur propose une extension en intégrant une nouvelle dimension, l'espace de couleur RVB, qui permet à chaque cellule de posséder un état intermédiaire supplémentaire, représenté par une couleur spécifique. Ces nouveaux états intermédiaires, tels que les cellules infectées ou immunisées, sont définis par des règles de transition et de probabilité spécifiques, permettant ainsi de simuler l'évolution d'une épidémie au sein de la population simulée.

2.1.1 États des cellules

Dans notre approche modifiée du Jeu de la Vie, nous avons apporté plusieurs changements significatifs. Tout d'abord, nous avons introduit une nouvelle variable pour représenter l'état des cellules de la grille. Ainsi, en plus des états classiques de cellules mortes et vivantes, nous avons ajouté un nouvel état intermédiaire, l'état infecté. Cet état est défini par une couleur spécifique qui le distingue des autres états.

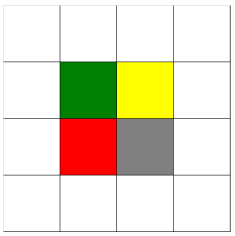


FIGURE 2.1 – Représentation d'une grille

Dans ce système basé sur le Jeu de la Vie, les cellules peuvent prendre quatre états différents, chacun représenté par une couleur spécifique :

- **Couleur jaune :** Cette couleur représente les individus potentiellement infectés, c'est-à-dire ceux qui ont été en contact avec un porteur de l'infection ou qui ont été identifiés comme étant potentiellement porteurs de l'infection.
- **Couleur rouge :** Les cellules de couleur rouge symbolisent les individus déclarés porteurs de l'infection, c'est-à-dire ceux qui ont été infectés par la maladie.
- **Couleur verte :** La couleur verte est utilisée pour représenter les individus ayant développé une immunité contre l'infection. Ces personnes sont désormais immunisées et ne peuvent plus être infectées.
- **Couleur grise :** Cette couleur est attribuée aux personnes décédées des suites de l'infection.

Ces différentes couleurs et états des cellules nous permettent de visualiser clairement l'évolution de l'épidémie dans la population simulée, de suivre le parcours des individus au fil des itérations et d'analyser les effets des interventions et des interactions entre les différents groupes d'individus. Cette représentation visuelle facilite la compréhension des dynamiques épidémiologiques et contribue à une analyse plus approfondie des résultats obtenus grâce à la simulation du système du Jeu de la Vie appliqué à l'épidémiologie.

2.1.2 Les changement apportés sur les règles

Dans le cadre de notre étude épidémiologique utilisant le Jeu de la Vie, nous avons modifié les règles d'évolution de la grille en fonction de certains paramètres. Notre modèle s'appuie sur une approche probabiliste, et nous avons appliqué deux règles spécifiques :

- Les cellules voisines d'une cellule infectée sont infectées lors du prochain cycle avec une probabilité p : pour simuler la propagation de l'infection, nous avons défini qu'une cellule saine voisine d'une cellule infectée a une probabilité p d'être infectée lors du cycle suivant. Ce paramètre p représente le degré de contagiosité de l'infection.
- La cellule infectée meurt ou devient immunisée lors du cycle suivant : pour refléter la progression de l'infection, nous avons déterminé qu'une cellule infectée a une chance de mourir ou de développer une immunité lors du cycle suivant. Cela permet de simuler la résolution de l'infection dans la population au fil du temps.

En utilisant ces nouvelles règles d'évolution et en manipulant la variable de probabilité de contamination, notre système du Jeu de la Vie peut suivre l'évolution d'une épidémie sur plusieurs générations. Cela nous permet d'observer comment l'infection se propage dans la population simulée, comment les différents états des cellules évoluent au fil du temps, et d'analyser l'impact des paramètres tels que la probabilité de contamination sur la dynamique de l'épidémie.

2.1.3 Paramètres observés

Le modèle utilisé pour notre étude est de nature "probabiliste", ce qui signifie qu'il n'est pas possible de prédire avec certitude ce qui se produira dans un cas spécifique. Pour obtenir une idée rapide de l'évolution moyenne du système, la meilleure approche consiste à effectuer une simulation. Cela

implique de "jouer" selon les règles énoncées précédemment en utilisant un générateur de nombres pseudo-aléatoires, puis de comptabiliser le nombre de cellules infectées. En répétant ce processus cent fois et en prenant la moyenne des résultats, nous obtenons une mesure de l'expansion moyenne de l'épidémie.

La simulation permet ainsi d'obtenir une estimation de l'évolution générale de l'épidémie, en tenant compte des variations aléatoires dues à la nature probabiliste du modèle. Cela nous permet d'obtenir des indications sur la propagation moyenne de l'infection et d'évaluer son impact sur la population étudiée. En réalisant plusieurs simulations, nous pouvons également analyser les variations possibles de l'expansion de l'épidémie et obtenir une meilleure compréhension de ses dynamiques.

Effectivement, à la fin de la simulation du système basé sur le Jeu de la Vie appliqué à l'épidémiologie, nous obtenons plusieurs résultats essentiels pour comprendre la propagation de l'infection au sein de la population simulé tels que le taux de propagation qui représente le pourcentage de cellules infectées par rapport au nombre total de cellules dans la population simulée, la probabilité de contamination qui représente la chance qu'une cellule saine soit infectée par une cellule voisine infectée et le seuil de propagation qui correspond à la valeur de la probabilité de contamination à partir de laquelle l'infection commence à se propager de manière significative dans la population simulée.

2.2 Conception

2.2.1 Diagramme de cas d'utilisation

Un diagramme de cas d'utilisation est un type de diagramme utilisé en UML pendant la phase d'analyse d'un projet pour identifier la fonctionnalité du système. Il décrit l'interaction des personnes ou du dispositif externe avec le système en cours de conception. Il ne montre pas beaucoup de détails, mais résume seulement certaines des relations entre les cas d'utilisation, les acteurs et les systèmes. [8]

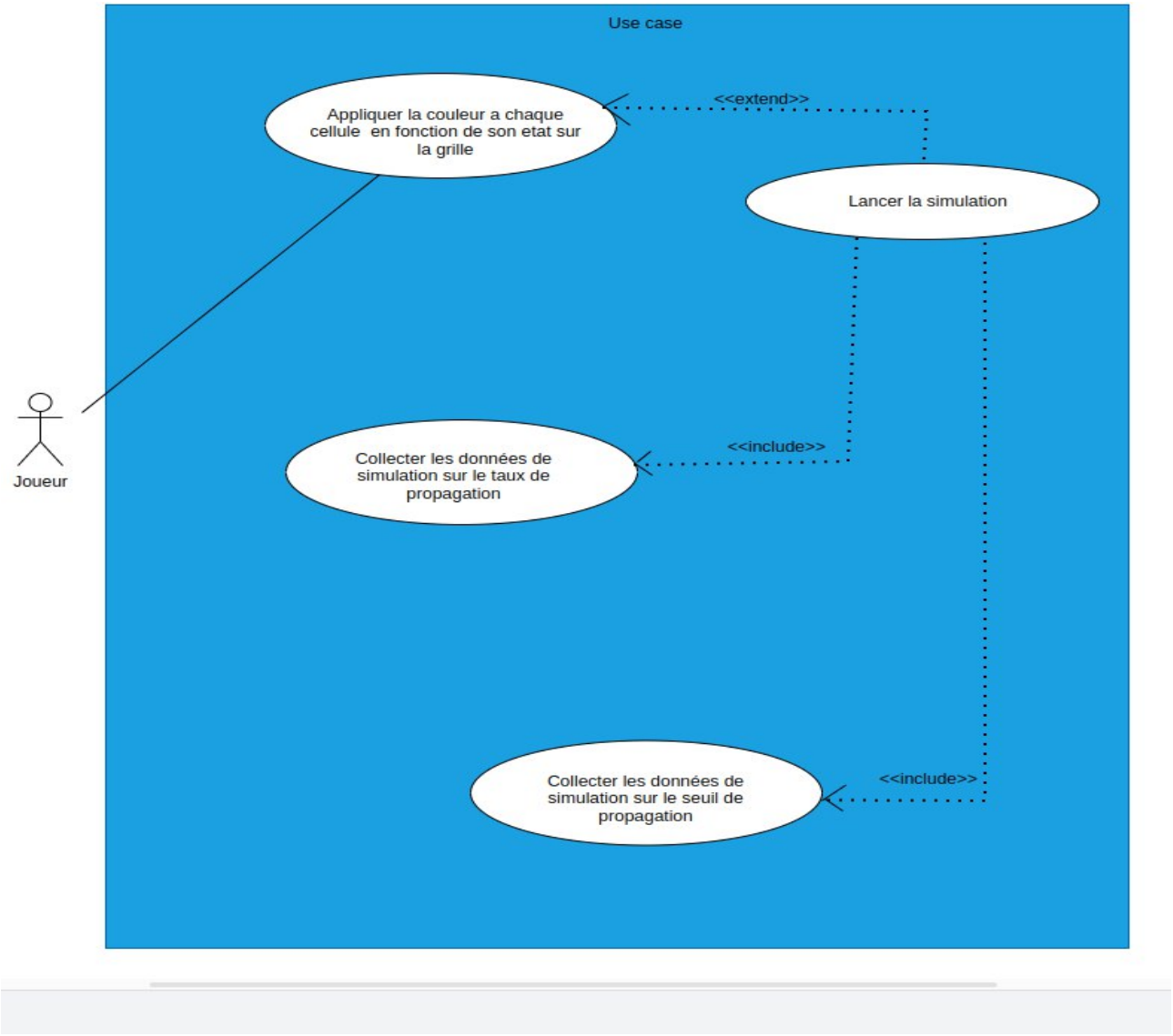


FIGURE 2.2 – Diagramme de cas d'utilisation

2.2.2 Diagramme d'activité

Le diagramme d'activité décrit le flux procédural des actions dans le cadre d'une activité. Il est utilisé pour modéliser la façon dont les activités sont coordonnées pour fournir un service, pour montrer les événements nécessaires à la réalisation d'une opération et pour illustrer les relations entre les événements dans un cas d'utilisation unique.

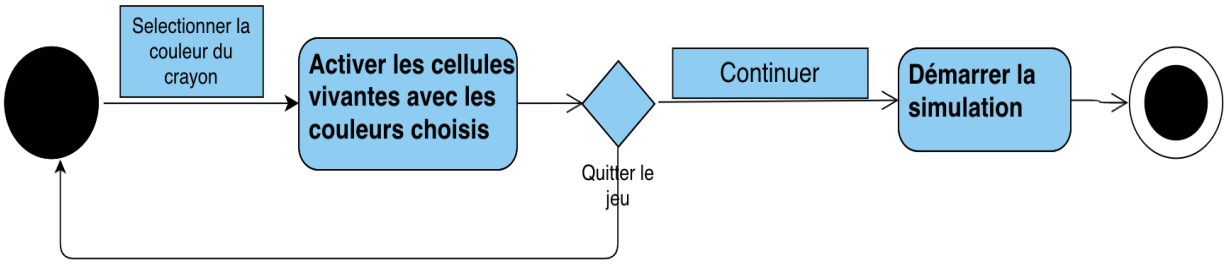


FIGURE 2.3 – Diagramme d'activités

2.3 Choix Techniques

2.3.1 Outils et technologies de développement

Les outils et technologies de développement regroupent les langages de programmation, les librairies et IDE utilisés pour la réalisation de notre version du jeu de la vie.

2.3.1.1 Langage de programmation

Python



FIGURE 2.4 – Python

Python est un langage de programmation puissant et facile à apprendre. Il dispose de structures de données de haut niveau et permet une approche simple mais efficace de la programmation orientée objet. Parce que sa syntaxe est élégante, que son typage est dynamique et qu'il est interprété, Py-

thon est un langage idéal pour l'écriture de scripts et le développement rapide d'applications dans de nombreux domaines et sur la plupart des plateformes.

2.3.1.2 Bibliothèques utilisées

PYGAME



FIGURE 2.5 – PYGAME

Pygame est une bibliothèque libre multi-plateforme qui facilite le développement de jeux vidéo temps réel avec le langage de programmation Python.[6]

NUMPY



FIGURE 2.6 – NUMPY

NumPy est une bibliothèque pour langage de programmation Python, destinée à manipuler des matrices ou tableaux multidimensionnels ainsi que des fonctions mathématiques opérant sur ces tableaux.[5]

TKINTER



FIGURE 2.7 – Tkinter

Tkinter est un module de base intégré dans Python, normalement, vous n'avez rien à faire pour pouvoir l'utiliser. L'un des avantages de Tkinter est sa portabilité sur les OS les plus utilisés par le grand public.[7]

Matplotlib



FIGURE 2.8 – Matplotlib

Matplotlib est une bibliothèque du langage de programmation Python destinée à tracer et visualiser des données sous forme de graphiques. Elle peut être combinée avec les bibliothèques python de calcul scientifique NumPy et SciPy.[4]

Tensorflow Keras



FIGURE 2.9 – Tensorflow Keras

Keras est une API de réseaux de neurones de haut niveau, écrite en Python et interfaçable avec TensorFlow, CNTK et Theano. Elle a été développée avec pour objectif de permettre des expérimentations rapides. Être capable d'aller de l'idée au résultat avec le plus faible délai possible étant la clef d'une recherche efficace. [3]

2.3.1.3 Environnement de développement

Visual Studio Code



FIGURE 2.10 – Visual Studio Code

Visual Studio Code Visual Studio Code est un éditeur de code extensible développé par Microsoft pour Windows, Linux et macOS. Les fonctionnalités incluent la prise en charge du débogage, la mise en évidence de la syntaxe, la complétion intelligente du code, les snippets, la refactorisation du code et Git intégré.

PyCharm



FIGURE 2.11 – PyCharm

PyCharm est un environnement de développement intégré utilisé pour programmer en Python. Il permet l'analyse de code et contient un débogueur graphique. Il permet également la gestion des tests unitaires, l'intégration de logiciel de gestion de versions, et supporte le développement web avec Django.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les choix techniques opérés ainsi que notre solution à travers. Sa modélisation, son principe de fonctionnement et les outils utilisés. Le chapitre 3 exposera les différents résultats et quelques critiques.

Chapitre 3

Présentation de l'application et discussion

Introduction

À travers ce chapitre, nous allons dans un premier temps, présenter les résultats obtenus et dans un second temps faire une discussion autour des insuffisances de notre système.

3.1 Présentation des résultats obtenus

3.1.1 Présentation de l'interface et les outils de configuration

3.1.1.1 Outils de configuration de la grilles



FIGURE 3.1 – Crayon et Gomme

Dans la première image, nous voyons les composants crayons et gommes qui permettent à l'utilisateur de sélectionner les cellules saines ou infecter en leur appliquant une couleur dans la grille et/ou effacer les couleurs appliquées a ces cellules.

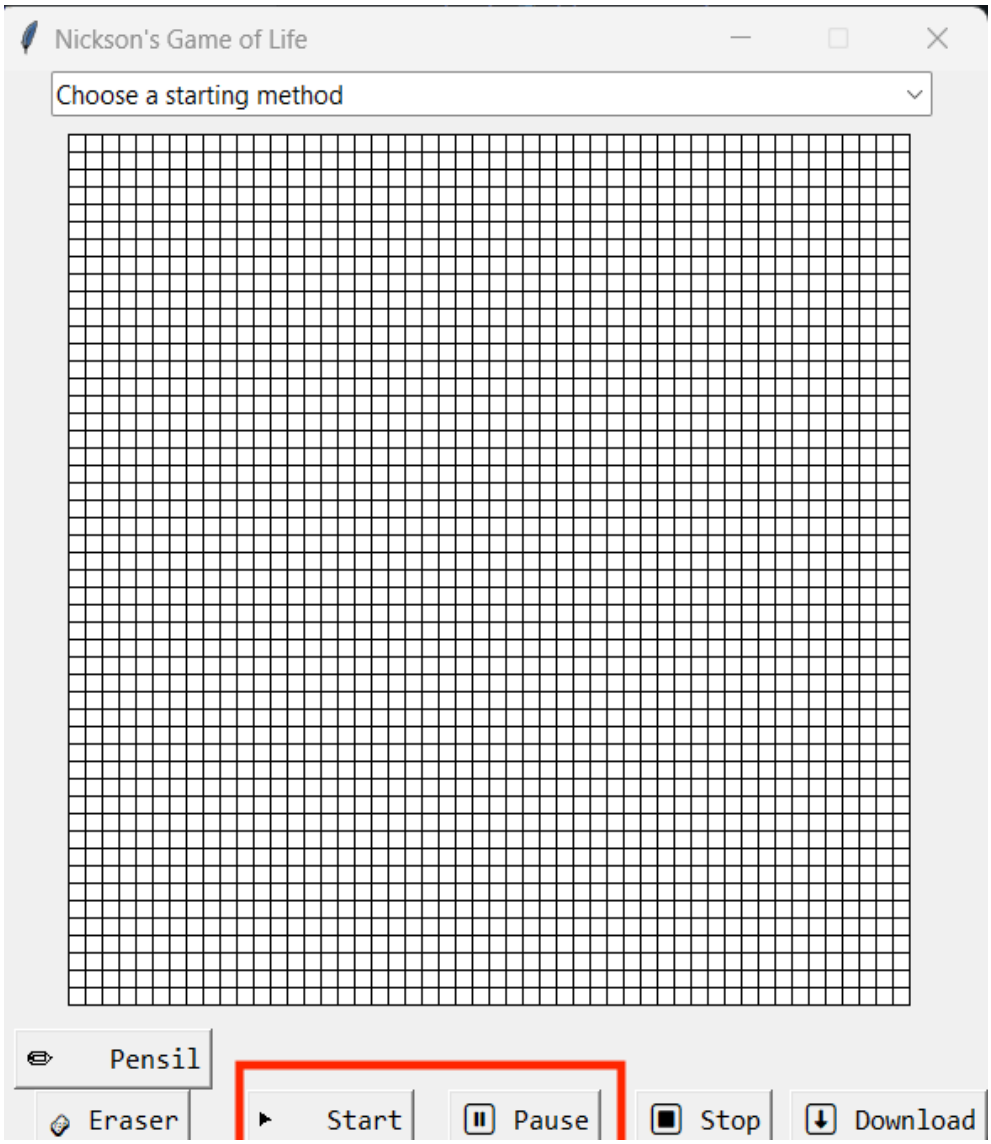


FIGURE 3.2 – Commencer ou mettre en pause la simulation

Dans cette image, nous voyons les buttons qui permettent d'effectuer des actions telles que commencer, mettre en pause la simulation.

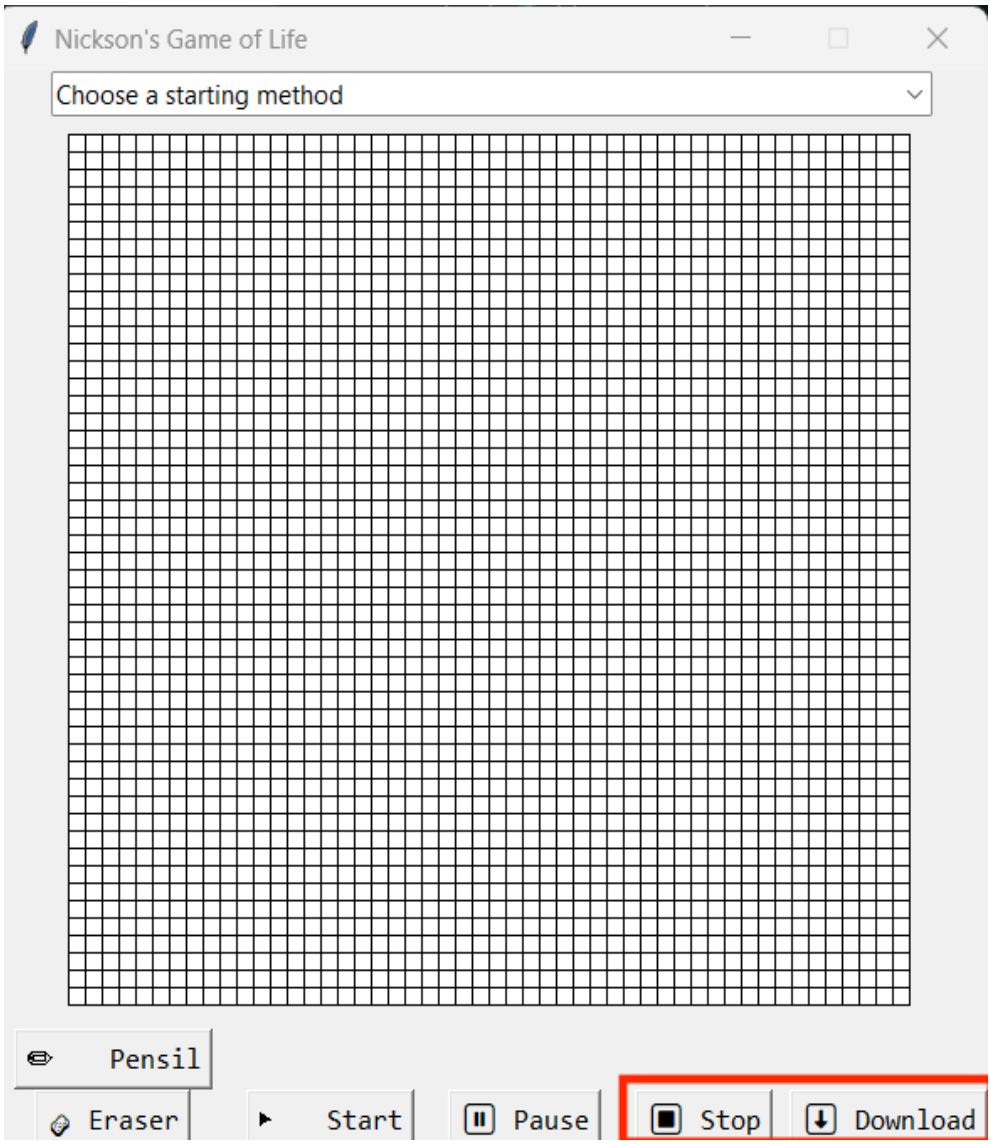


FIGURE 3.3 – Arrêter et/ou télécharger une capture de la simulation

Dans cette image, nous voyons les buttons qui permettent d'effectuer des actions telles qu'arrêter la simulation et/ou télécharger le fichier image de l'état actuel de la grille.

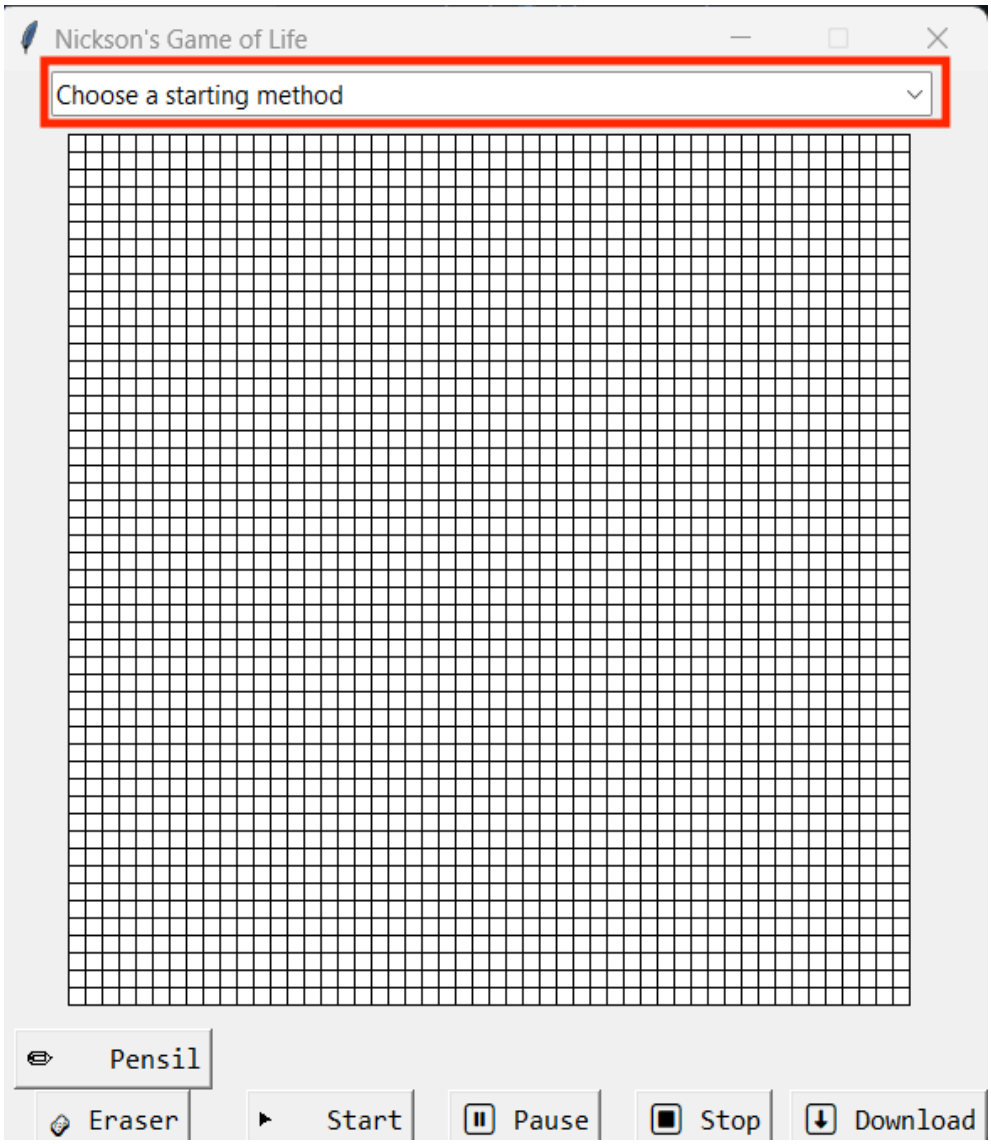


FIGURE 3.4 – Sélectionner une simulation du jeu de la vie classique

Dans cette image, nous voyons une liste déroulante qui permet de sélectionner une simulation du jeu de la vie classique.

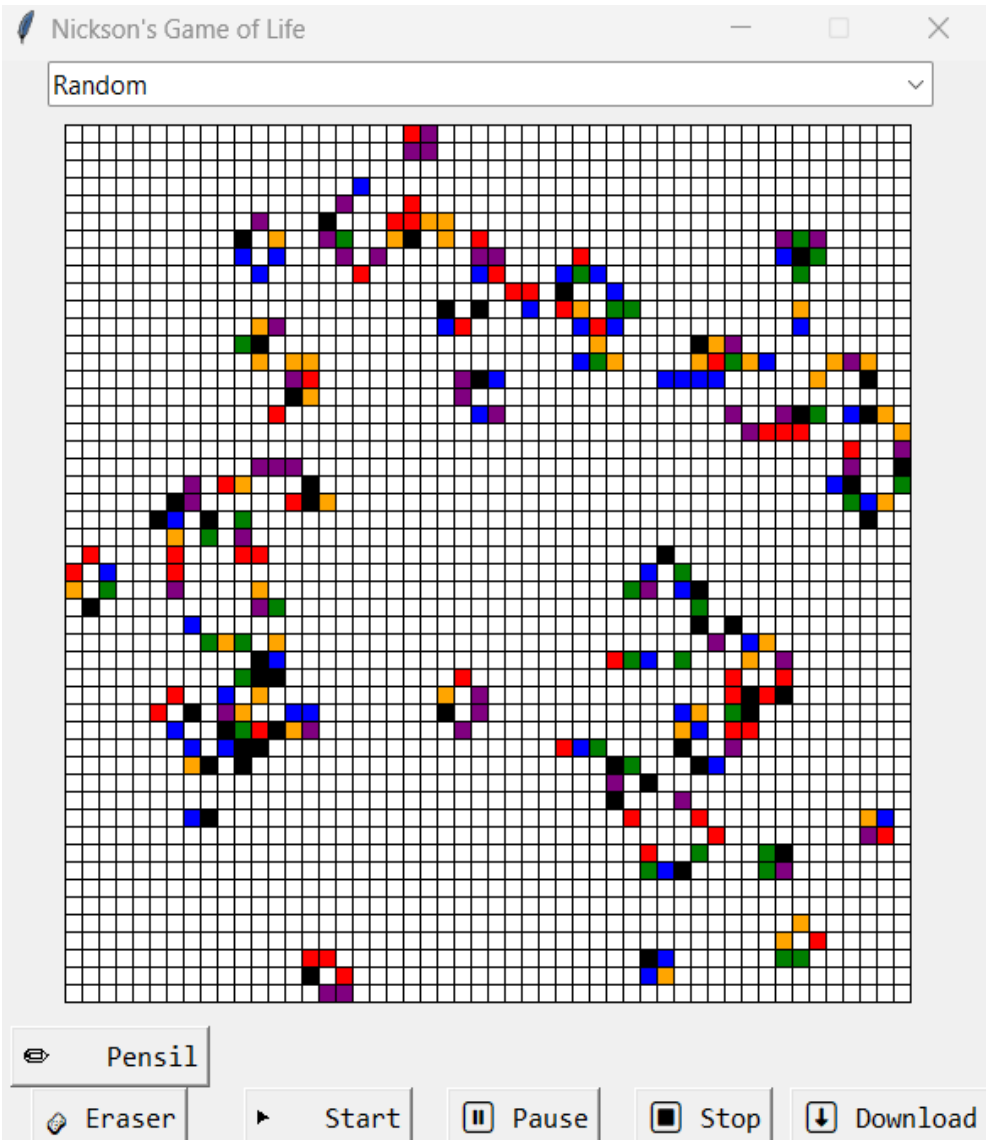


FIGURE 3.5 – Simulation d'une structure chaotique du jeu de la vie classique dans l'espace RVB

Dans cette image, nous avons un exemple de simulation d'une structure chaotique du jeu de la vie classique dans l'espace RVB.

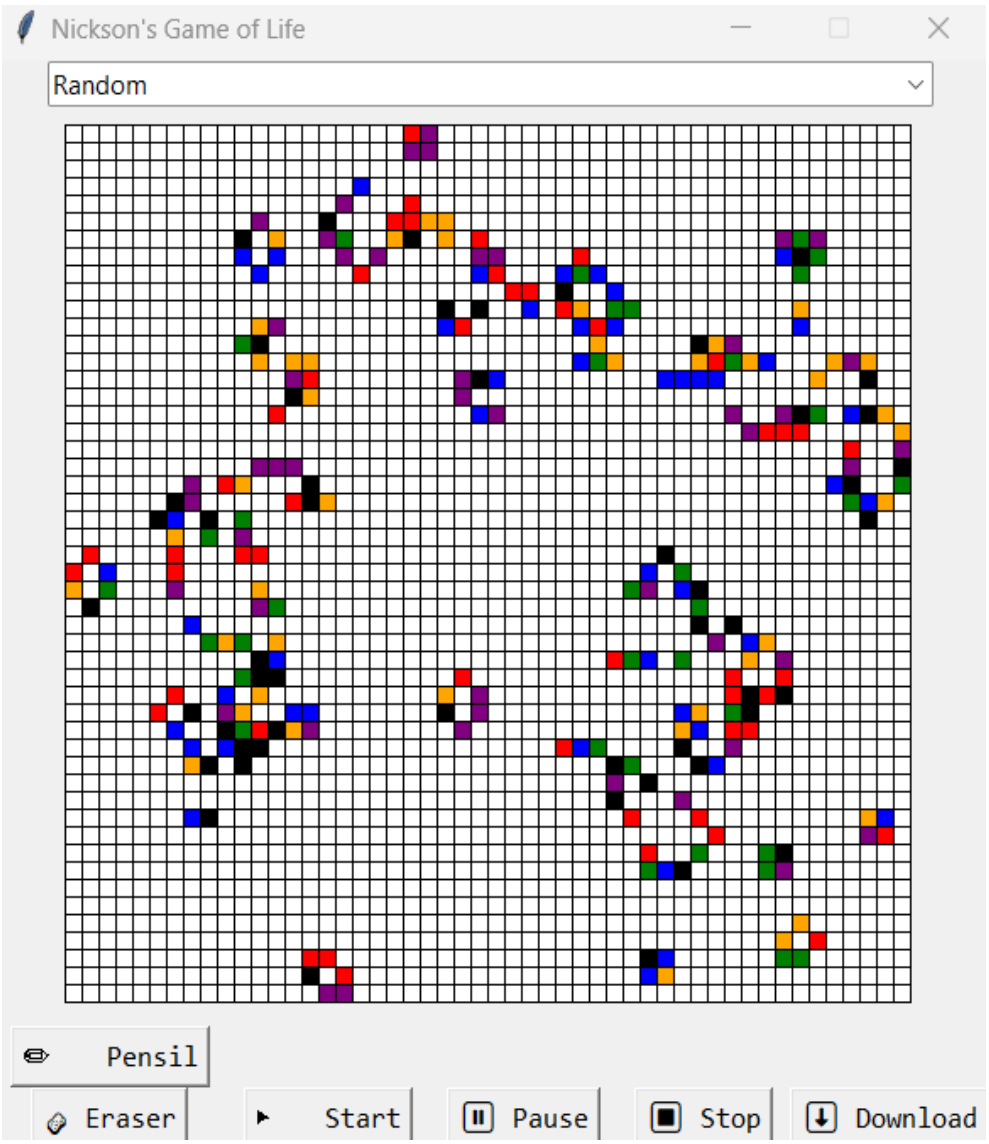


FIGURE 3.6 – Simulation d'une structure Gosper Clider Gun du jeu de la vie classique dans l'espace RVB

Dans cette image, nous avons un exemple de simulation d'une structure Gosper Clider Gun du jeu de la vie classique dans l'espace RVB.

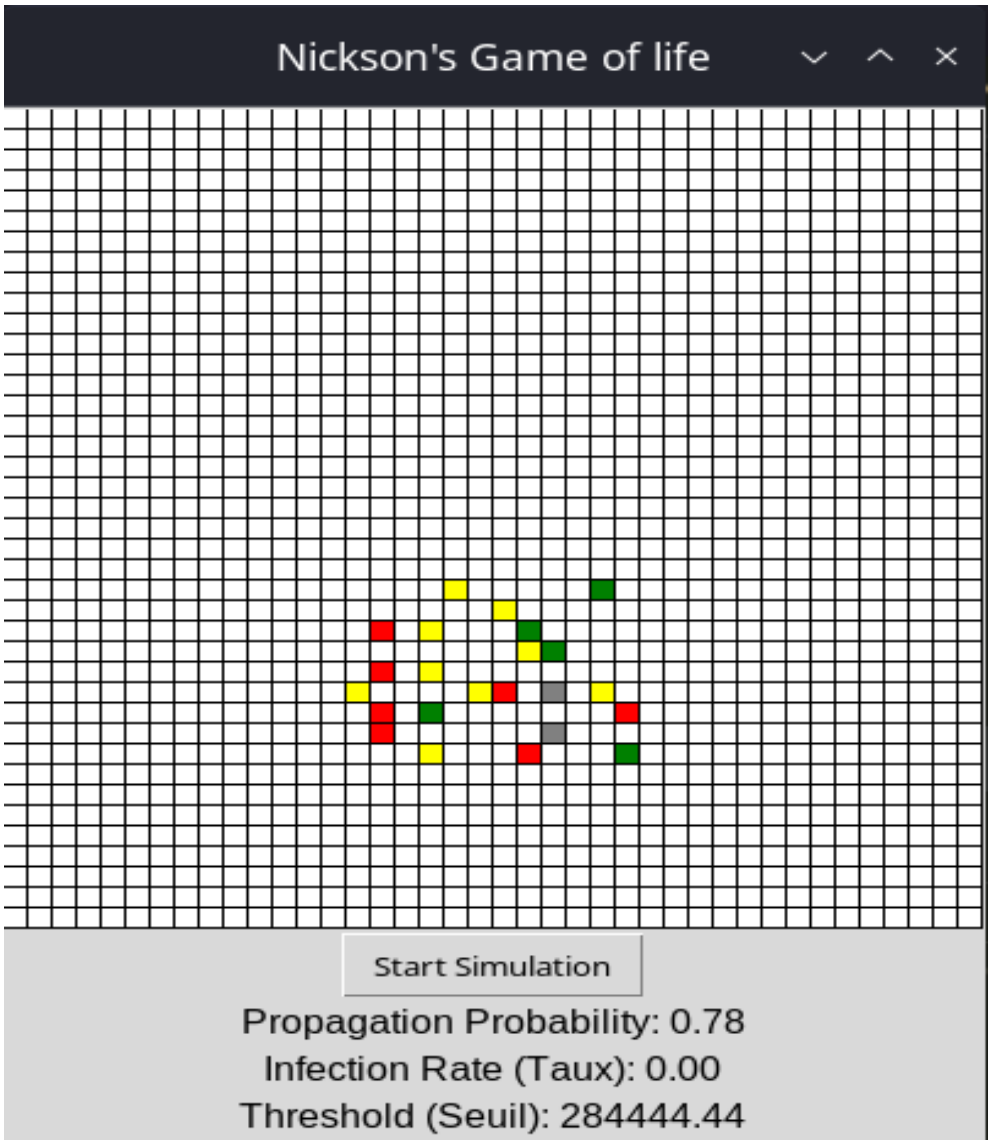


FIGURE 3.7 – État initial de la population

Dans cette image, nous mettons en place la configuration initiale de la population sur laquelle nous souhaitons effectuer une simulation. Pour rendre la visualisation plus claire, nous avons adopté une codification couleur spécifique pour représenter différents états de santé des individus.

Ainsi, les individus potentiellement porteurs du virus sont représentés par la couleur jaune. Il s'agit de personnes qui pourraient être infectées, mais dont l'état de santé n'est pas encore confirmé. Ces individus sont considérés comme étant à risque et peuvent propager le virus aux autres.

En revanche, les individus porteurs déclarés, c'est-à-dire ceux dont la présence du virus a été confirmée par un test ou des symptômes évidents, sont représentés par la couleur rouge. Ces personnes ont été identifiées comme étant infectées et nécessitent probablement une prise en charge médicale adéquate.

Enfin, les cellules vertes symbolisent les personnes immunisées, tandis que les cellules grises représentent les personnes décédées suite à l'infection.

En mettant en évidence ces différents états de santé à l'aide de couleurs distinctes, nous pouvons suivre l'évolution de la propagation du virus au fil du temps dans la simulation. Cela nous permettra d'observer comment les infections se propagent au sein de la population, de comprendre les interactions entre les individus et de prendre des mesures pour contenir la propagation du virus si

nécessaire. Cette visualisation nous offre ainsi un outil précieux pour mieux comprendre l'épidémie et élaborer des stratégies adaptées pour y faire face.

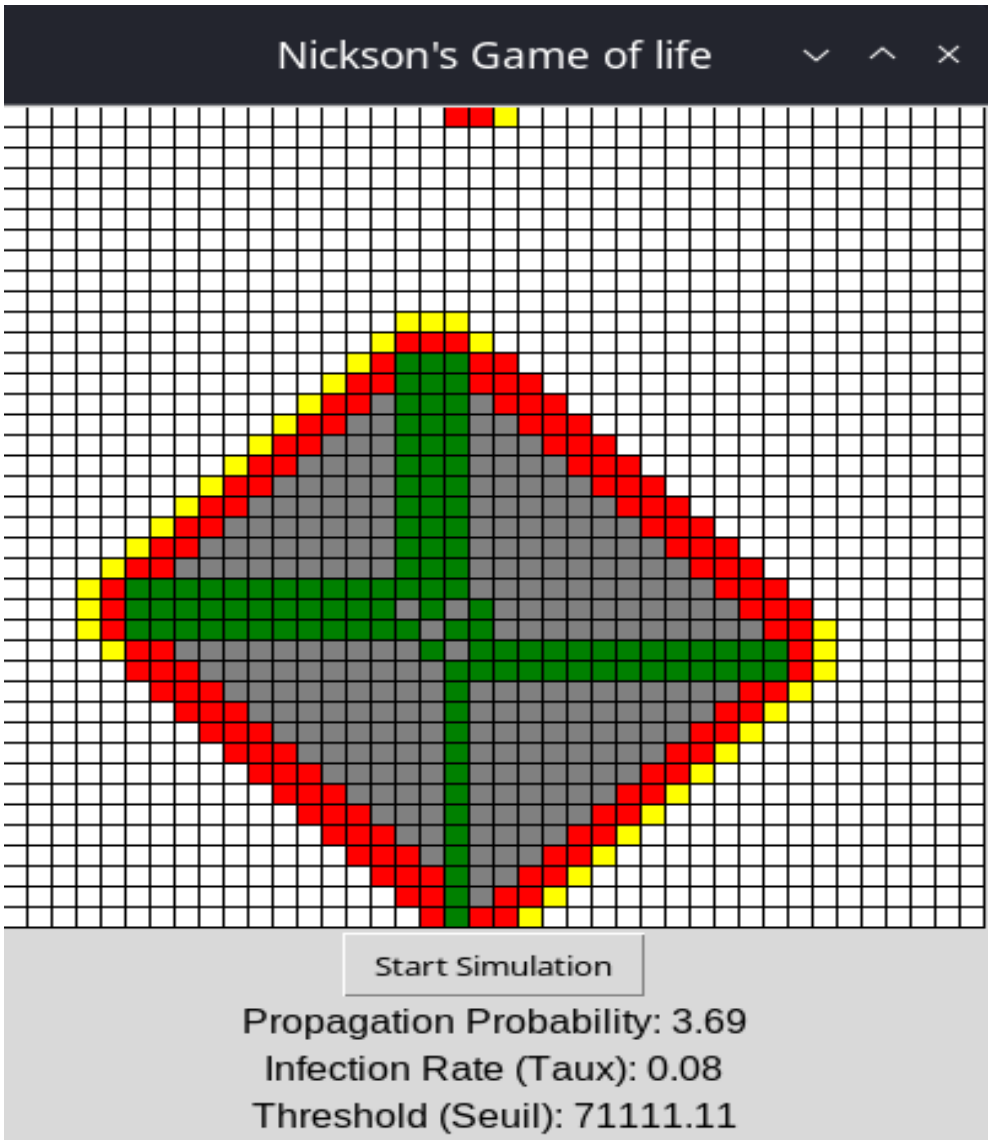


FIGURE 3.8 – Évolution à la génération n de la transmition

Dans le but d'obtenir le résultat présenté dans l'image ci-dessus, nous avons utilisé le modèle probabiliste du Jeu de la Vie avec une probabilité de contamination de 25%. Ce modèle nous permet d'observer l'évolution d'une épidémie simulée au sein d'une population de cellules.

Les règles suivies pour observer cette évolution sont les suivantes :

- **Contamination probabiliste :** Pour simuler la propagation de l'infection, nous avons introduit une probabilité de contamination de 52%. Cela signifie que lorsqu'une cellule infectée a des cellules saines voisines, chaque cellule saine a une probabilité de 25% d'être infectée lors de l'itération suivante. Ce paramètre probabiliste reflète le degré de contagiosité de l'infection dans le modèle.

- **Guérison ou immunisation :** Lors de l'itération suivante, chaque cellule infectée a une chance de guérir ou de développer une immunité. Cela permet de simuler la résolution de l'infection dans la population au fil du temps. La guérison peut être représentée par la transition de l'état

infecté à l'état sain, tandis que l'immunisation peut être représentée par le maintien de l'état infecté.

En appliquant ces règles de contamination probabiliste et de guérison/immunisation à la grille de cellules, nous pouvons observer l'évolution de l'épidémie sur plusieurs itérations. De nouvelles cellules peuvent être infectées à chaque itération, d'autres peuvent guérir ou devenir immunisées, et certaines restent potentiellement infectées en fonction de la probabilité de contamination.

Ce modèle probabiliste du Jeu de la Vie nous permet d'étudier comment les infections se propagent au sein d'une population simulée en tenant compte de l'incertitude liée à la contagiosité et à la guérison des individus. En observant l'évolution de l'épidémie sur plusieurs itérations, nous pouvons analyser la dynamique de la propagation, l'impact des probabilités de contamination sur la diffusion de l'infection, et la durée de l'épidémie avant qu'elle ne s'éteigne ou devienne endémique dans la population simulée.

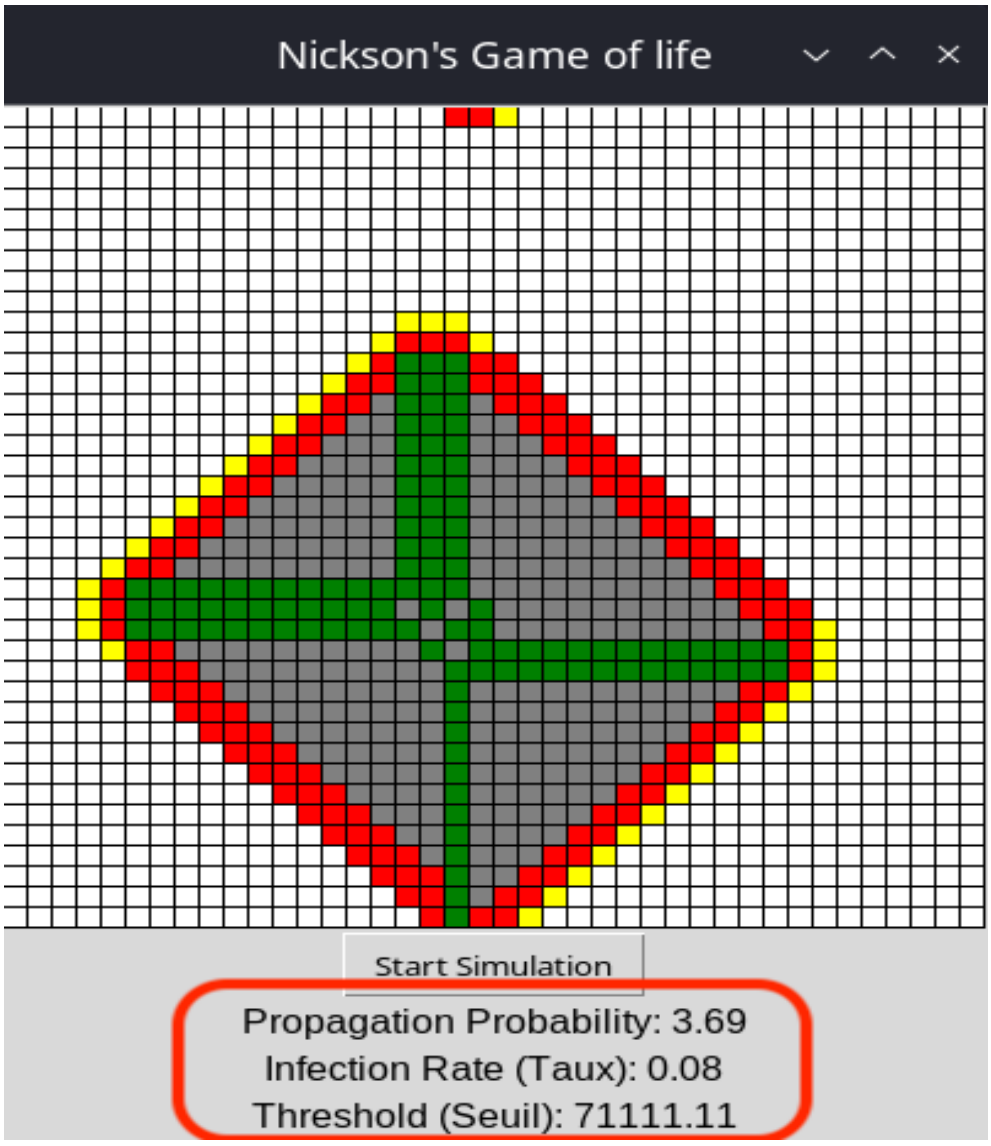


FIGURE 3.9 – Résultat des simulation

Dans cette image, nous sommes témoins du résultat d'une simulation qui a été effectuée pour étudier la propagation d'une infection au sein d'une population. Pour faciliter l'analyse et la compréhension des données, deux variables décimales cruciales sont présentées en bas de la page. Ces

variables fournissent des informations essentielles sur la dynamique de l'épidémie simulée.

La première variable décimale représente les probabilités de propagation au cours des générations. Cela signifie qu'elle indique la probabilité qu'un individu infecté transmette la maladie à d'autres membres de la population lors d'une génération donnée. Au fur et à mesure que les générations avancent, cette probabilité peut varier en fonction de divers facteurs tels que les mesures de contrôle mises en place, le degré d'immunité collective et les interactions sociales.

La deuxième variable décimale affichée est le taux d'infections. Ce taux mesure le pourcentage de la population totale qui a été infectée à un moment donné de la simulation. Il peut être utilisé pour évaluer la progression globale de l'épidémie et comprendre l'ampleur de la propagation de la maladie dans la population.

La troisième variable décimale affichée est le seuil de propagation. Ce seuil représente le point critique à partir duquel une maladie infectieuse commence à se propager de manière exponentielle dans une population. Il est déterminé par le taux d'infection et la probabilité de propagation, qui indique combien de nouvelles infections peuvent être générées par un cas infectieux.

En examinant les données présentées dans l'image, il est possible d'observer une tendance spécifique au cours de la simulation. On constate que, à un certain stade de l'épidémie, à mesure que le temps avance et que les générations se succèdent, à la fois le taux d'infections, les probabilités et le seuil de propagation semblent atteindre un intervalle constant ou stagnent. Cela pourrait indiquer un certain niveau de saturation ou d'équilibre dans la propagation de la maladie.

3.2 Discussion

Bien que le système proposé puisse être un outil intéressant pour étudier certains aspects de l'épidémiologie, il présente également des limitations qui peuvent restreindre son application dans ce domaine spécifique. Voici quelques insuffisances à prendre en compte :

- **Simplification de la réalité :** Le système du Jeu de la Vie proposé est un modèle abstrait qui simplifie la réalité. Il ne tient pas compte de toutes les complexités et les nuances associées aux épidémies réelles. Par exemple, il ne considère pas les caractéristiques spécifiques des agents pathogènes, les interactions entre différentes populations ou les facteurs socio-économiques qui peuvent influencer la transmission de la maladie.

- **Absence de données réelles :** Le système du Jeu de la vie proposé est basé sur des règles définies a priori et ne repose pas sur des données épidémiologiques réelles. Par conséquent, il peut ne pas refléter précisément les dynamiques et les schémas de transmission observés dans les épidémies réelles. Il est important de se rappeler que les résultats obtenus à partir du Jeu de la Vie doivent être interprétés avec prudence et ne peuvent pas être directement extrapolés aux situations épidémiologiques réelles.

- **Limitations liées à la modélisation probabiliste :** Bien que l'incorporation de probabilités dans le Jeu de la Vie puisse permettre de simuler certains aspects stochastiques des épidémies, il peut être difficile de calibrer ces paramètres probabilistes pour qu'ils reflètent précisément les caractéristiques d'une maladie spécifique. De plus, l'utilisation de probabilités peut entraîner une variabilité importante dans les résultats de la simulation, ce qui peut rendre l'interprétation des résultats plus complexe.

- **Manque de prise en compte des interventions spécifiques :** Le système du Jeu de la Vie proposé ne prend pas en compte de manière exhaustive les interventions spécifiques de santé publique, telles que la vaccination, le dépistage, l'isolement ou d'autres mesures de contrôle. Bien qu'il puisse permettre d'évaluer de manière générale l'effet de certains paramètres sur la propagation de l'infection, il ne peut pas fournir une évaluation détaillée des interventions spécifiques et de leurs effets sur l'épidémie.
- **Dimension temporelle limitée :** Le système du Jeu de la Vie proposé fonctionne par itérations discrètes, où chaque étape représente un seul cycle de propagation de l'infection. Cela peut limiter la capacité du modèle à capturer les dynamiques temporelles complexes des épidémies, telles que les changements dans l'incidence ou la prévalence de la maladie au fil du temps.

Le système du Jeu de la Vie proposé présente donc des limites dans son application à l'épidémiologie en raison de sa simplification de la réalité et de son manque de prise en compte des spécificités épidémiologiques réelles. Il peut néanmoins être utilisé comme un outil exploratoire pour étudier certaines dynamiques générales de propagation des maladies et évaluer l'effet de certains paramètres sur ces dynamiques. Cependant, pour des études plus approfondies et précises en épidémiologie, il est nécessaire de compléter le Jeu de la Vie par des modèles plus complexes et des données épidémiologiques réelles.

Conclusion

Ce chapitre présente les résultats obtenus à travers quelques interfaces de la solution. Des insuffisances ont été soulevées et seront utilisées par la suite pour formuler les perspectives.

Conclusion Générale et Perspectives

La conclusion générale de cette étude met en lumière les opportunités offertes par le système du Jeu de la Vie dans le domaine de l'épidémiologie, notamment pour la modélisation de la propagation des maladies, l'évaluation des interventions de santé publique, l'analyse des stratégies de prévention et de contrôle, l'exploration de la dynamique des épidémies, ainsi que son utilité en tant qu'outil pédagogique. Cependant, il est également souligné que le Jeu de la Vie présente des limites, notamment sa simplification de la réalité épidémiologique et son manque de prise en compte de certains facteurs complexes.

Pour mieux adapter le Jeu de la Vie au domaine de l'épidémiologie, plusieurs perspectives sont proposées. Il s'agit notamment de l'intégration de paramètres réalistes, de données épidémiologiques et de spécificités propres à différentes maladies, ainsi que le développement de stratégies de contrôle plus complexes. Ces améliorations permettraient une utilisation plus efficace du Jeu de la Vie pour la modélisation, l'évaluation et la compréhension des épidémies réelles.

Dans une perspective plus large, au-delà des simples simulations probabilistes nous permettrons aux utilisateurs d'intégrer des données réelles pour mieux définir l'évolution des différents phénomènes. Cette approche pourrait offrir une meilleure représentation de la réalité épidémiologique et permettre des analyses plus précises et pertinentes.

En résumé, bien que le Jeu de la Vie présente des avantages significatifs dans le domaine de l'épidémiologie, son efficacité peut être considérablement améliorée en tenant compte des perspectives mentionnées et en intégrant davantage de données réelles dans les simulations.

Webographie

[1] Game of life. *Wikipedia*. https://fr.wikipedia.org/wiki/Jeu_de_la_vie.

[2] Golly. *Golly*. https://golly.sourceforge.io/.

[3] Keras. *Keras*. https://keras.io/.

[4] Matplotlib. *Matplotlib*. https://matplotlib.org/stable/tutorials/index.

[5] Numpy. *Numpy*. https://numpy.org/.

[6] Pygame. *Pygame*. https://www.pygame.org/.

[7] Python tkinter. *Tutorialspoint*. https://www.tutorialspoint.com/python/python_gui_programming.htm.

[8] Uml (informatique). *Wikipedia*. https://fr.wikipedia.org/wiki/UML_(informatique).

Table des matières

Dédicace ii

Remerciements iii

Résumé iv

. iv

Abstract v

. v

Liste des figures vi

Liste des acronymes vii

Glossaire viii

Introduction 2

1 Etat de l'art 4

Introduction 4

1.1 Généralité sur l'épidémiologie 4

1.1.1 Définitions 4

1.1.1.1 Épidémiologie 4

1.1.2 Le taux critique 4

1.1.3 Seuil de propagation 5

1.1.3.1 Généralité 5

1.2 Notions théoriques sur le jeu de la vie 6

1.2.1 Définitions 6

1.2.1.1 Automate cellulaire 6

1.2.1.2 Jeu de la vie 6

1.2.2 Histoire 6

1.2.3 Règles du jeu de la vie classique 7

1.2.4 Fonctionnement 8

1.2.5 Les differentes structures de Jeu de la vie 8

1.2.5.1 Les structures stables 9

1.2.5.2 Les structures périodiques ou Oscillateurs 9

1.2.5.3 Les structures vaisseaux ou planeurs 9

1.2.5.4 Les structures infinies 10

1.2.5.5 Les structures chaotique 10

1.2.5.6 Autre structure . . . 10
1.3 Etat de l'Art . . . 11
1.3.1 Présentation des solutions existantes . . . 11
1.3.1.1 GOLLY . . . 11
1.3.1.2 Conway's Game of Life for iOS . . . 11
1.3.1.3 GameOfLife . . . 11
Conclusion . . . 12

2 Analyse, Conception et Choix technique **13**
Introduction . . . 13
2.1 Changements apportés au système . . . 13
2.1.1 États des cellules . . . 13
2.1.2 Les changement apportés sur les règles . . . 14
2.1.3 Paramètres observés . . . 14
2.2 Conception . . . 15
2.2.1 Diagramme de cas d'utilisation . . . 15
2.2.2 Diagramme d'activité . . . 16
2.3 Choix Techniques . . . 17
2.3.1 Outils et technologies de développement . . . 17
2.3.1.1 Langage de programmation . . . 17
2.3.1.2 Bibliothèques utilisées . . . 18
2.3.1.3 Environnement de développement . . . 19
Conclusion . . . 20

3 Présentation de l'application et discussion **21**
Introduction . . . 21
3.1 Présentation des résultats obtenus . . . 22
3.1.1 Présentation de l'interface et les outils de configuration . . . 22
3.1.1.1 Outils de configuration de la grilles . . . 22
3.2 Discussion . . . 31

Conclusion **33**

Bibliographie **34**

Webographie **34**

Table des matières **35**