

Ecole Nationale de la Statistique et de l'Administration Economique
ENSAE ParisTech

Projet de C++
Deuxième année voie mathématiques

Modélisation de propagation d'épidémie dans une ville

Yunxuan BIAN - Julien TRAN

Ce rapport a été rendu le 21.02.2014

Sommaire

Introduction	1
Le modèle de propagation d'une épidémie dans une ville	2
Modélisation de la ville et des individus	2
Modélisation de la propagation d'une épidémie	4
Le déroulement du programme	6
Conclusion	7

Introduction

Dans le cadre du projet C++ en deuxième année à l'ENSAE, nous avons travaillé sur le sujet suivant : La modélisation de la propagation d'une épidémie dans une ville. Ce projet consiste à implémenter le déplacement d'individus dans une ville et l'évolution d'une épidémie virale au sein de la population.

Notre projet a été entièrement réalisé avec le langage de programmation C++ et la librairie SDL.

Le modèle de propagation d'une épidémie dans une ville

Compte tenu du thème de ce projet, il y a deux modélisations à réaliser :

- La ville et les individus.
- Le mode de propagation d'une épidémie.

Ce travail est un projet d'informatique, l'objectif n'est pas de mettre en place un modèle pointu de propagation d'une épidémie dans une ville. On se contente donc dans ce projet de modèles simples.

Modélisation de la ville et des individus

Modélisation de la ville

On considère dans ce projet que la ville est une donnée fixe, elle ne sera donc pas un paramètre d'étude.

La ville sera modélisée comme un espace en 2D où circuleront les individus du modèle. La ville est constituée de 3 types d'objets :

- Les lieux de passage : les rues.
- Les lieux de rencontre : les établissements.
- Les zones vides : zones inaccessibles par les individus représentées par des zones de verdure.

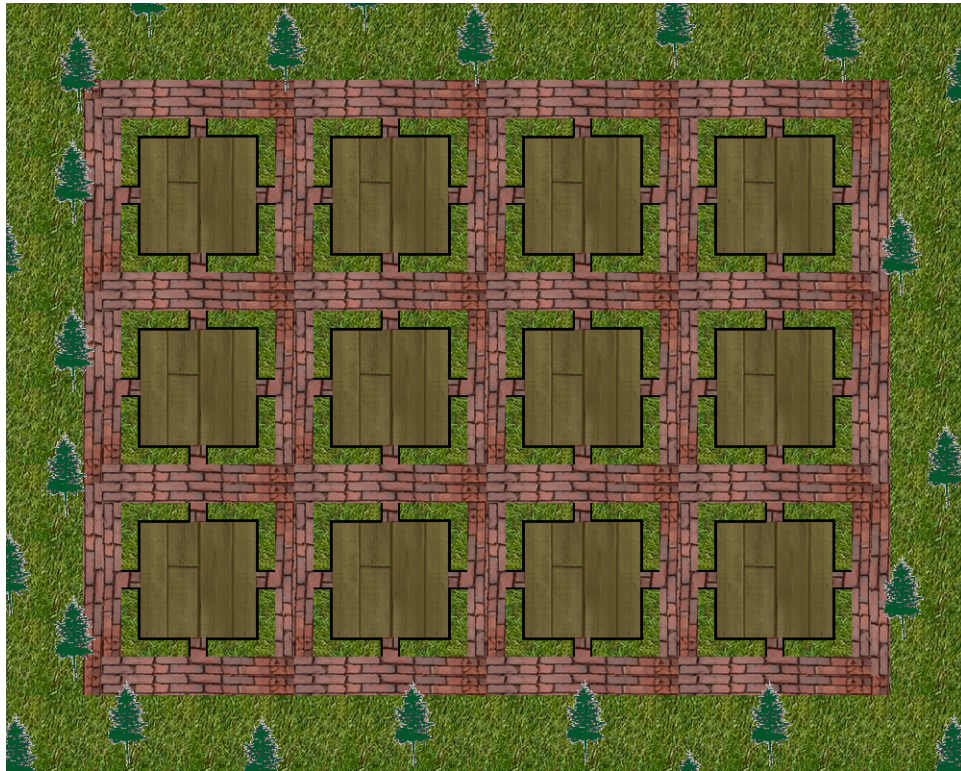


FIGURE 1 – Modélisation de la ville

L'interface graphique de la ville

La ville est représentée par un plan quadrillé de dimension (800 x 600) où l'unité utilisée en largeur comme en hauteur est le pas d'un individu (cf la sous partie suivante "Modélisation des individus"). De manière plus concrète, l'unité a été choisie égale à 4 pixels, la ville a donc une dimension de 3200 pixels en largeur sur 2400 pixels en hauteur.

Modélisation des individus

La position des individus à l'état initial (jour = 0) est générée de manière aléatoire, équiprobable et de telle sorte qu'il n'y ait pas deux individus sur une même case.

A chaque jour écoulé, un individu peut se déplacer d'une case parmi les cases disponibles. Une case étant dite disponible pour l'individu x si :

- La case n'est pas occupée par un autre individu.
- La case est à une distance inférieure ou égale à 1 de la case actuellement occupée par l'individu x .

Il y a donc au maximum 5 cases disponibles pour un individu.

Le déplacement des individus se fait de manière aléatoire suivant une loi uniforme sur l'ensemble des cases disponibles.

Modélisation de la propagation d'une épidémie

A la date initiale, une proportion x_1 d'individus portent un virus V_1 et une proportion x_2 d'individus portent le virus V_2 . La modélisation de la propagation de ces virus passe par la définition des règles de contagion entre individus :

Règle 1 : Un individu A contaminé d'un virus V peut transmettre le virus V à un individu B ne portant pas ce virus V s'ils se trouvent tous les deux dans un même lieu de rencontre.

Règle 2 : Si la règle 1 est vérifiée, B attrape le virus V porté par A avec une probabilité p_V .

Règle 3 : La probabilité p_V de contagion du virus V dépend du nombre d'individus portant ce virus dans le lieu de rencontre. En effet, s'il y a n individus malades dans un lieu de rencontre, un individu sain le reste avec une probabilité $(1 - p_V)^n$.

Nous sous-entendons ci-dessus que les maladies sont indépendantes l'une de l'autre : un individu portant le virus V_1 n'a pas plus ou moins de chance d'attraper le virus V_2 .

On définit plus précisément les deux maladies ci-dessous :

Virus 1 Le virus 1 est une maladie pouvant être attrapée par tous les individus. La probabilité p_{V_1} d'attraper cette maladie dépend de la catégorie d'âge

à laquelle l'individu appartient et est fixée par l'utilisateur. Une fois cette maladie attrapée, l'individu reste malade pendant une certaine durée qui dépend aussi de la catégorie d'âge à laquelle l'individu appartient et qui est aussi fixée par l'utilisateur.

Virus 2 Pour rendre le modèle plus riche, on considère un deuxième virus avec d'autres caractéristiques : la maladie 2 ne peut être attrapée que par les individus d'âge-médian avec une probabilité p_{V2} , et cette maladie ne se transmet que d'un homme vers une femme ou d'une femme vers un homme. La durée de la maladie 2 est choisie infinie.

Le déroulement du programme

L'utilisateur du programme rencontrera successivement :

- La page d'accueil qui apparaît pendant 1 seconde au lancement du programme.
- Une première page où il est demandé à l'utilisateur de fixer les valeurs des paramètres d'étude en appuyant sur les boutons + et - : la taille de la population, la durée du jeu, le taux d'homme/femme, le taux de malades de type 1, le taux de malades de type 2, et la répartition de la population en 3 catégories d'âges. Une fois ces valeurs fixées, il cliquera sur le bouton "continue" pour valider ce choix.
- Une deuxième page de paramètres. Il s'agit alors de fixer les probabilités de tomber malade p_V qu'ont les différents individus, et les durées pendant lesquelles ils resteront malades. Une fois ces valeurs fixées, il cliquera sur le bouton "continue" pour valider ce choix.
- Une interface graphique présentant les individus se déplaçant dans la ville. Les individus sains sont représentés par des points blancs, les individus malades de type 1 par des points verts, les individus malades de type 2 par des points oranges et les individus portant les deux maladies à la fois par des points bleus.
- Une fois que la durée sélectionnée par l'utilisateur est écoulée, l'utilisateur cliquera le bouton "Quit Now" pour quitter le programme.

Conclusion

Ce projet informatique avait pour but d'implémenter un modèle de propagation d'une épidémie dans une ville.

Nous avons alors principalement deux idées :

- Créer un modèle avec une interface graphique, permettant à l'utilisateur de visualiser exactement ce qui se passe : l'ensemble de la ville, tous les déplacements des individus, la propagation des maladies ...
- Créer un modèle scientifique, permettant à l'utilisateur d'obtenir des conclusions : sortir les résultats dans des graphiques et tableaux, donner à l'utilisateur la possibilité d'effectuer plusieurs expériences à la fois, donner les moyens d'étudier rapidement l'effet des différents paramètres (par exemple, mettre en évidence des valeurs limites à partir desquelles les propagations changeraient de comportement) ...

On voulait initialement travailler sur ces deux points. Malgré un investissement assez conséquent de notre part, mais vu les contraintes de temps, on n'a pu seulement travailler sur cette première idée.

Ce projet nous a été néanmoins très bénéfique. Il nous a permis de rencontrer de nombreuses difficultés et de devoir y apporter à chaque fois des solutions plus ou moins bonnes.