

Projet de programmation orientée objet : Simulation d'épidémie

Yohann Chasseray - Mohamed Hedi Djemaa

November 29, 2024

Introduction

Ce projet permet de mettre en application les différents concepts évoqués et travaillés au long du module de programmation orientée objet. Il sera effectué en groupe de 3 à 4 étudiants.

Rendu et attendus

Le travail sera évalué au travers des éléments suivants :

- Un rapport écrit permettant de détailler les classes implémentées dans votre projet, ainsi que la justification des choix de conception associés. Le rapport indiquera l'implication de chaque membre du groupe dans le développement des classes, la modélisation, la rédaction du rapport.
- Le code JAVA que vous avez développé pour réaliser votre projet. Pour cela, un lien vers le projet JDoodle peut être intégré au rapport écrit ou une archive du code peut être déposée sur moodle.
- Une soutenance orale en présentiel, au cours de laquelle vous nous présenterez votre projet. La modalité de la présentation est la suivante : 10 minutes de présentation suivie de 5 minutes de questions. Lors de cette présentation, on vous demande une présentation des classes de votre modèle, ainsi qu'un focus sur un voire deux aspects importants, ou choix de développements particuliers.

Utilisation d'outils génératifs

Vous êtes autorisés à utiliser des outils génératifs pour réaliser le projet, aux conditions suivantes :

- Vous devez ajouter la mention *ce travail a été réalisé à l'aide d'une intelligence artificielle en début de rapport*.
- Vous devez indiquer explicitement chaque élément de votre travail qui a été généré par un outil génératif.

- Vous rédigerez un document annexe au rapport, qui fournit les prompts utilisés pour chacun des éléments générés, et apporte un regard critique sur la réponse obtenue.

Tout projet faisant appel à des outils génératifs et qui ne respecte pas ces contraintes ne peut pas espérer être évalué au-dessus de la moyenne. Les sections générées seront également corrigées avec plus d'exigence en terme de simplicité du code.

1 Objectif du projet : Simulation d'épidémie

Le travail demandé consiste à simuler, au travers de la programmation orientée objet, la propagation d'une épidémie au sein d'une population donnée. On choisira d'exprimer l'évolution de l'épidémie au travers de cycles. Ces cycles peuvent correspondre à une durée en jours, en semaine ou en mois, par exemple. La simulation est réalisée sur une population constituée d'individus. A chaque cycle, l'état de chaque individu évolue en fonction de son exposition aux autres individus contaminés.

L'objectif final du projet est de simuler la propagation de différents virus dans des populations avec diverses caractéristiques.

2 Détails du modèle

2.1 Description des caractéristiques d'une épidémie

On considère certains paramètres qualificatifs d'une épidémie (de grippe, par exemple), qui sont les suivants :

- **Taux de transmission** : Une maladie possède un taux de transmission initial, influencé par la distance entre les personnes et leur facteur de transmission (voir section 2.3). Nous considérons trois facteurs de transmission :
 - Facteur de transmission chez les personnes sensibles.
 - Facteur de transmission neutre.
 - Facteur de transmission chez les personnes résistantes.
- **Période d'incubation** : La période d'incubation qualifie le nombre de cycles pour qu'un individu infecté par la maladie déclare les premiers symptômes liés à la maladie. Durant cette période, l'individu n'est pas affecté par la maladie mais peut néanmoins la transmettre.
- **Probabilité de guérison** : probabilité qu'un individu malade guérisse au cours d'un cycle.
- **Probabilité de décès** : probabilité qu'un individu malade décède au cours d'un cycle.

Pour des raisons de simplification, seul le taux de transmission d'une maladie sera impacté par la typologie de personne exposée à la maladie.

2.2 Résistance à la maladie

Une personne qui a été guérie est considérée comme résistante pendant un certain nombre de cycles qui suivent sa rémission. Cette durée est spécifique pour chaque personne atteinte.

2.3 Répartition spatiale et transmission de la maladie

On considère que les membres d'une population sont géolocalisés dans un espace en deux dimensions (x, y) . Sur la base de cette géolocalisation, il est possible de définir une distance euclidienne d entre deux individus A et B .

$$d = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} \quad (1)$$

Cette distance affecte la probabilité p de contagion entre deux individus selon la formule suivante :

$$p(d) = \max \left(0, p_0 \cdot \left(1 - \frac{d}{d_{\max}} \right) \right) \quad (2)$$

L'indicateur p_0 correspond au taux de transmission. L'indicateur d_{\max} est la distance au delà de laquelle le virus ne peut plus être transmis.

La probabilité de transmission finale est obtenue en multipliant le taux de transmission au facteur de transmission d'un individu.

2.4 Gestion de la vaccination

On distingue deux types d'individus, ceux qui ont accès à la vaccination, et peuvent donc se faire vacciner, et ceux qui n'ont pas accès au vaccin. Une vaccination a pour effet de rendre les personnes neutres et sensibles résistantes au vaccin, et d'immuniser les personnes résistantes.

Deux types de vaccinations sont possibles :

- La vaccination en une seule dose, qui est active dès le cycle dans lequel est effectuée la vaccination.
- La vaccination en deux doses, qui devient active seulement après la deuxième dose.

2.5 Gestion des variants

Une même maladie peut avoir plusieurs variants, qui seront alors caractérisés par des temps d'incubation, des probabilité de guérison, de décès et des taux de transmission différents. Un variant peut être introduit au cours d'une simulation.

2.6 Modélisation des comportements

On distingue deux types de comportements sociaux face à la survenue de symptômes (qui peuvent être couplés) :

- Un comportement responsable de distanciation sociale qui permet de doubler la distance observée d'un individu avec les autres individus.

- Un comportement de protection (masques) qui réduit de moitié le risque de transmission initial (p_0).

2.7 Simulation d'une épidémie

On veut pouvoir suivre cycle après cycle l'évolution des différentes populations (saine, contaminée, contagieuse, guérie) et en garder un historique. Si on considère qu'une même simulation peut contenir plusieurs maladies on ne s'intéressera pas aux effets couplés.

3 Utilisation du modèle

Vous penserez à tester votre modèle dans une (voire plusieurs) fonctions main de test. L'utilisation finale du modèle doit permettre de lancer différentes simulations avec des profils de populations différents et des maladies différentes. Le choix dans la caractérisation de ces différentes simulations vous est laissé libre.

3.1 Exemple de test

En guise de test initial, vous pourrez tenter de simuler la propagation d'un virus aux caractéristiques suivantes :

- **Facteur de transmission chez les personnes :**
 - Sensibles : 1
 - Neutres : 0,9
 - Résistants : 0,8
- **Période d'incubation :** 2 cycles
- **Probabilité de guérison :** 0,4
- **Probabilité de décès :** 0,1
- **Distance maximale de transmission (d_{\max}) :** 10 km
- **Taux de transmission initial (p_0) :** 0,5

La propagation se fait dans une population de 100 individus, répartis aléatoirement dans un espace en deux dimensions (10km sur 10km), non vaccinés, avec une sensibilité neutre au virus, et n'ayant pas de comportement préventif particulier sur une période de 10 cycles. Vous pourrez commencer le premier cycle avec 20% de la population atteinte du virus.