

## Sujet 1 ALQ : Modèle Toy case SEIR multi-agent

Date de rendu : 23/10/2023 (délai supplémentaire si besoin, à voir selon le déroulement), 30% de la note finale

### 1 Objectif

L'objectif est de développer un modèle multi-agent simple de propagation d'une maladie dans une population.

Attention : Cela fait partie d'un premier travail pour lequel 2 séances seront disponibles. (25-30% de la note finale). Il ne faut donc pas passer trop de temps sur la phase de conception.

5 séances seront disponibles pour le projet. (Donc 7 semaines en tout, avec potentiellement un délai supplémentaire pour le rendu final).

### 2 Conception

3 points

Vous ferez un diagramme de classe pour la conception.

### 3 Le code

10 points

- On place des individus sur une grille en 2 dimensions. Les individus sont caractérisés par deux états discrets : leur statut et le temps écoulé dans ce statut, et par trois paramètres de durée,  $dE$ ,  $dI$ ,  $dR$ .
- Le statut peut prendre quatre valeurs : statut = S, E, I, R. (Susceptible, Exposed, Infected et Recovered)
- $dE$ ,  $dI$  et  $dR$  correspondent à la durée de vie du statut lorsqu'il est égal à E, I et R, respectivement.
- L'espace est de forme toroïdale (grille périodique). Plusieurs agents peuvent être situés sur la même cellule.
- Temps : le temps est discret. Un pas de temps correspond à un jour.
- Déplacement : À chaque pas de temps, tous les individus se déplacent aléatoirement vers une autre cellule. La nouvelle position est choisie au hasard dans la grille (pas nécessairement les cellules voisines).

- Infection : À chaque pas de temps, tous les individus susceptibles (statut = S) vérifient s'il y a un ou plusieurs individus infectieux dans leur voisinage (individus avec statut = I). Si des individus infectieux sont présents, l'individu susceptible devient exposé (statut = E) avec une certaine probabilité.
- Exposition : À chaque pas de temps, chaque individu en état E devient I si le temps écoulé dans l'état E est supérieur à la durée de la période d'exposition  $dE$ .
- Récupération : À chaque pas de temps, chaque individu en état I devient R si le temps écoulé dans l'état I est supérieur à la durée de la période infectieuse  $dI$ .
- Perte d'immunité : À chaque pas de temps, chaque individu en état R devient S si le temps écoulé dans l'état R est supérieur à la durée de la période d'immunité  $dR$ .
- Planification : L'ordre d'exécution des agents est aléatoire. Les changements d'état sont asynchrones, c'est-à-dire que le calcul du nouvel état d'un individu est effectué lorsque l'individu est choisi au hasard, il n'y a pas de mémorisation des états précédents des individus.
- Émergence : Le nombre d'individus avec statut S, E, I et R.
- Interaction : Un contact existe entre deux individus s'ils sont à proximité immédiate dans l'espace. Un individu est en contact avec tous les individus situés dans les 8 cellules autour de sa propre cellule (voisinage de Moore), plus ceux de sa propre cellule. L'espace est torique afin d'éviter les artefacts de limites.
- Stochasticité : Les individus se déplacent aléatoirement, sautant d'une cellule à l'autre n'importe où dans la grille.
- Infection : la probabilité  $p$  pour un individu susceptible S de devenir exposé E est calculée comme suit :  $p = 1 - e(-0.5 * N_i)$  avec  $N_i$  le nombre d'individus infectieux dans le voisinage (8 cases, voisinage de Moore) et 0.5 la force de l'infection. Si un tirage dans la distribution uniforme est  $\text{Uniform}[0; 1] < p$ , alors l'individu avec statut S devient E. (Exemple : `double proba = 1 - exp(-0.5 * N_i) if (random < p then agent.state = Exposed)`).

#### - Initialisation

- Nombre total d'individus : 20000.
- Taille de la grille : 300x300.
- Statuts (graines) pour le PRNG : 100 simulations, donc 100 statuts de départ si parallèle, ou un statut de départ si séquentiel. (Si simu de 15 minutes, alors 1500 minutes = 25 heures = 1 jour ...). Vous pouvez faire tourner le code sur un cœur du serveur Turing de l'Isima par exemple, pendant 24h (voir la commande `nohup`), ou sur votre machine personnelle (à faire tourner 24h).

- Type de PRNG : Au choix : Xorshift, Mersenne Twister, MRG32k3a, ... Possibilité de prendre un PRNG très mauvais pour voir ce qu'il se passe : Middle square technique, on divise par 10 000 pour avoir un nombre entre [0,1[. (Pas plus de 5 groupes)
- 19980 individus ont leur statut égal à S.
- 20 individus ont leur statut égal à I.
- Pour tous les individus, les paramètres de durée de vie du statut sont tirés aléatoirement dans la distribution exponentielle avec les paramètres 3, 7 et 365 pour E, I et R respectivement. Par définition, les valeurs des paramètres ne changent pas pendant la simulation.

```
negExp(double inMean)
```

```
    return -inMean * log(1 - genrand_real2());
```

```
dE = negExp(param)
```

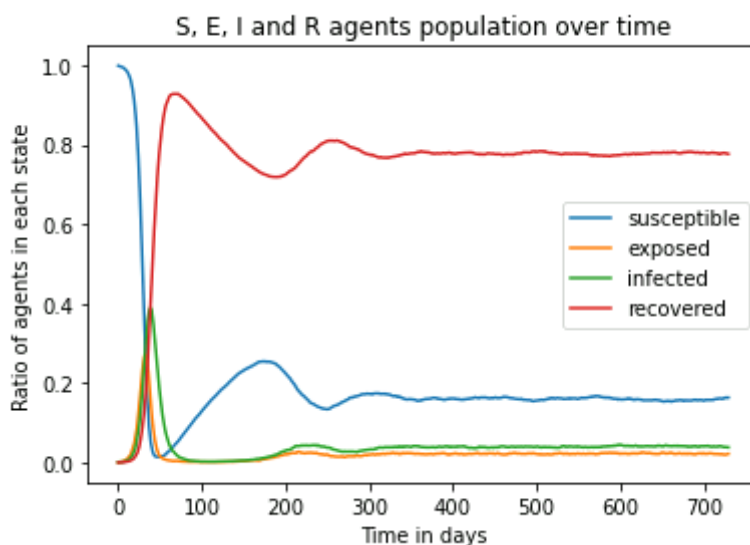
- Les agents sont placés aléatoirement sur la grille.

#### 4 Rendu des résultats

7 points

Votre code devra générer des fichiers contenant les résultats du nombre d'agents dans l'état S, E, I et R pour chaque itération (730 itérations).

Vous devrez ensuite utiliser un notebook Jupyter afin de lire ces résultats, et afficher un graphique des moyennes. Les résultats devraient ressembler à cela :



Vous générerez des fichiers CSV pour chacune de vos répliques (100 répliques).

