

Modélisation des Systèmes Complexes

Propagation d'une maladie

février 2022
Master 2 MISC

Le but de ce projet est d'étudier la propagation d'une maladie infectieuse à travers un réseau social d'humains.

Consignes :

- Le travail est à faire individuellement et à rendre le **vendredi 18 février** au plus tard.
- Le travail à rendre par email à verel@univ-littoral.fr et à philippe.collard@gmail.com, il est comprise :
 - les codes netlogo produits (5 fichiers Netlogo exécutables correspondant aux questions parties 1, 2, 3.1, 3.2 et 4)
 - un document écrit (au format pdf) qui répond aux questions suivantes.
- Ce projet individuel fera l'objet d'une soutenance orale le lundi 21 février.

Vous pouvez utiliser les documents et codes du cours que vous avez vu. Il est possible d'utiliser la documentation netlogo : <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/>.

Par contre, nous rappelons que le **plagiat est interdit** et expose à des sanctions.

Partie 1 : Modèle SI de propagation d'une épidémie

Dans ce modèle, chaque personne peut avoir deux états, Susceptible ou bien Infecté. Il y a une seule transition d'état de S vers I réalisée de façon probabiliste (avec une probabilité beta) entre une personne susceptible et un de ses 8 voisins infectés. Dans cette partie, les personnes occupent tous les endroits disponibles (une personne par patch).

Questions :

- 1.1 - Modéliser et simuler ce processus de propagation par une approche basée sur les agents en utilisant la plateforme Netlogo.
- 1.2 - Déterminer l'évolution du "temps de convergence" en fonction de la probabilité beta ; on pourra faire varier beta de 0.1 à 1 par pas de 0.1 et utiliser une procédure meta-go pour moyenner les résultats sur plusieurs simulations (cf. TD). Commenter vos résultats.

Remarques :

- Prendre "location of origine" edge (left), max-pxcor 300, min-pycor -20, max-pycor 20 et "world wraps vertically" de manière à ce que le "monde" soit un cylindre.
- La simulation Netlogo utilisera uniquement des patches pour représenter les personnes.
- Un patch peut prendre une des deux valeurs "S" ou "I".
- On suppose que le "patient zéro" est situé au milieu de la colonne de gauche.

- Les agents initialement susceptibles sont en dehors de la première colonne.
- On arrêtera une simulation dès qu'une personne sur la dernière colonne à droite est infectée.

Partie 2 : Modèle SI de propagation d'une épidémie avec densité de personnes

Questions :

- 2.1 - Reprendre la question 1.2 en introduisant une densité de places occupées par une personne (Les places inoccupées sont dites vacantes).
- 2.2 - Ajouter un composant "plot" afin d'afficher la distribution du nombre de voisins pour chaque personne. Que pouvez-vous observer ?
- 2.3 - On s'intéresse à la capacité de l'épidémie à se propager ad vitam de la gauche vers la droite. Pour chaque valeur donnée de beta, et chaque valeur de densité on déterminera le nombre n de fois où au moins une personne sur la colonne de droite devient infectée parmi N simulations indépendantes. On définit alors pour chaque valeur de beta le seuil de percolation comme la valeur de densité pour laquelle $n/N=0.5$. Concrètement, vous devez déterminer le seuil de percolation en fonction de la probabilité beta (on pourra faire varier beta de 0.1 à 1 par pas de 0.1). Commenter vos résultats.

Remarques :

- Prendre "location of origine" Edge (left), max-pxcor 300, min-pycor -20, max-pycor 20 et "world wraps vertically".
- densité = 1 doit correspondre à la partie 1.
- La simulation Netlogo utilisera uniquement des patches pour représenter les personnes.
- Un patch peut prendre un des trois états "S" ou "I" ou "V".
- Le "patient zéro" est au milieu de la colonne de gauche.
- Les agents initialement susceptibles sont en dehors de la première colonne.
- On arrêtera une simulation dès qu'une personne sur la dernière colonne à droite est infectée ou qu'un temps limite est atteint.
- Pour effectuer plusieurs simulations, on pourra utiliser une procédure "meta-go".

Partie 3 : Modèle SI de propagation d'une épidémie avec densité de personnes mobiles

On suppose maintenant que les personnes se déplacent dans le monde selon une trajectoire fermée en s'éloignant plus ou moins de leur point de départ. La trajectoire suivie par une personne est un polygone régulier de côté 1 (triangle, carré, pentagone, ...). La mobilité est donc caractérisée par le nombre de côtés du polygone; plus le nombre de côtés est grand, plus les personnes s'éloignent. La mobilité est la même pour toutes les personnes.

On s'intéresse à la capacité de l'épidémie à se propager ad vitam de la gauche vers la droite.

Questions :

- 3.1 - La probabilité beta étant fixée à 1, vous devez déterminer le seuil de percolation en fonction du nombre de côtés du polygone. Commenter vos résultats.
- 3.2 - Proposer un autre modèle de mobilité de votre choix et déterminer l'influence de ce choix sur les résultats. Par exemple, on pourra choisir des déplacements aléatoires éventuellement contraints

par un champ de vision ou la structure des rues dans une ville du "type Manhattan".

Remarques :

- Prendre "location of origine" Edge (left), max-pxcor 300, min-pycor -20, max-pycor 20 et "world wraps vertically".
- Comme les personnes sont mobiles, elles sont représentées, non plus par des patches Netlogo, mais par des turtles.
- Une turtle a un état qui peut prendre une des deux valeurs "S" ou "I".
- Le "patient zéro" est au milieu de la colonne de gauche.
- Les agents initialement susceptibles sont en dehors de la première colonne.
- Pour simplifier, on fixe le paramètre beta à 1.
- On pourra utiliser la primitive Netlogo "turtles-on" (cf. documentation)
- Pour effectuer plusieurs simulations, on pourra utiliser une procédure "meta-go" (cf. cours)

Partie 4 : Modèle SI de propagation d'une épidémie avec densité de personnes mobiles et propagation par "poignée de porte"

Dans les questions précédentes, on a considéré que la transmission du pathogène entre personnes était du type "poignée de main" ; c'est-à-dire par contact direct entre deux personnes "au même lieu au même instant". On suppose maintenant que chaque personne infectée dépose lors de son déplacement une trace du pathogène et que celui-ci reste actif durant un temps indéfini ; les lieux peuvent donc contenir ou pas le pathogène. Par conséquent une personne susceptible sera infectée dès qu'elle est "à côté" d'une autre personne infectée ou "passe" dans un lieu qui aura été préalablement infecté. Pour qu'une personne infectée infecte une personne susceptible, il n'est donc plus nécessaire qu'elle soit "au même lieu au même instant" mais simplement "au même lieu à des instants différents" ; c'est en ce sens que l'on utilise la métaphore d'une transmission par "poignée de porte".

Questions :

- 4.1 - Etudier l'influence du mode de propagation (i.e. "main" ou "porte") sur la capacité pour l'épidémie à se propager ad vitam de la gauche vers la droite. Concrètement vous devez reprendre les expériences menées à la question 3.1 avec le mode de propagation par "poignée de porte"

Remarques :

- Prendre "location of origine" Edge (left), max-pxcor 300, min-pycor -20, max-pycor 20 et "world wraps vertically".
- Les personnes mobiles sont représentées par des turtles et les lieux par des patches.
- Le "patient zéro" est au milieu de la colonne de gauche.
- Les agents initialement susceptibles sont en dehors de la première colonne.
- Pour simplifier, on fixe le paramètre beta à 1.
- On rappelle qu'une turtle peut modifier la valeur d'une variable propre du patch sur lequel elle se trouve positionnée.
- On ajoutera un chooser dans l'interface graphique afin de pouvoir choisir entre les deux modes de propagation.