La diffusion dans un réseau social se réfère au comportement collectif d'un ensemble d'acteurs sociaux autonomes qui interagissent avec quelque chose (une opinion, une innovation ou un virus) dans un réseau social.

Un processus de diffusion dans un réseau social comprend généralement :

1. les acteurs de la diffusion, c'est-à-dire les individus qui participent au processus de diffusion ;
2. le support de diffusion, c'est-à-dire le réseau social où se produit le processus de diffusion, qui peut être aléatoire, sans échelle, petit monde, etc.
3. le contenu de la diffusion, c'est-à-dire le contenu véhiculé par la diffusion, comme un comportement, une rumeur ou un virus ; et
4. le modèles de diffusion qui décrit comment le contenu se propage.

L'objectif consiste à étudier la dynamique du processus de diffusion (e.g. le rôle de l'influence sociale ou l'efficacité des stratégies promotionnelles).
L'approche centrée individus permet non seulement de modéliser l'hétérogénéité et la rationalité limitée des prises de décision individuelles à partir d'information imparfaite et la représentation fine des interactions médiatisées par les réseaux sociaux mais constitue également un modèle explicatif et prescriptif. La dynamique du phénomène macroscopique émerge des comportements individuels en interaction.

Exercice 1 : Modèle SIR

L'approche épidémique permet de décrire la transmission d'information de bouche-à-oreille en simulant la propagation d'une maladie infectieuse dans une population.
Un individu, qui se déplacent de manière aléatoire dans le monde, peut être dans l'un des 3 états suivants : Susceptible (S) d'être infecté (en blanc) ; Infecté (I) et contagieux (en rouge) ; ou Rétabli (R) c'est-à-dire guéri et immunisé (en vert) et donc incapable de contaminer à nouveau ou d'être contaminé. En entrant en contact avec une personne infectée, sur l'une des 8 tuiles voisines entourant la personne infectée ou sur la même tuile, un individu non infecté peut contracter la maladie. Le délai de guérison de chaque individu suit une distribution normale avec un délai moyen de guérison moyen déterminé par l'utilisateur.

Q1. Créez des boutons pour l'initialisation, l'exécution continue et l'exécution d'un pas de simulation. Ajoutez des curseurs pour fixer :
- le nombre d'individus (de 50 à 400) ;
- le délai moyen de guérison (de 50 à 300 pas de simulation) ;
- la probabilité de guérir après avoir atteint sa période de guérison (de 10% à 100%).

Q2. Créez une espèce d'individus munie des attributs suivants :
- `infectée` qui est vrai si l'individu est infecté et faux sinon ;
- `guéri` qui est vrai l'individu a survécu à une infection et faux sinon ;
- `susceptible` qui est vrai l'individu est susceptible d'être infecté ;
- `infection-durée` qui le nombre de pas depuis que l'individu est infecté ;
- `guérison-delai` qui est le délai de guérison de l'individu.

Q3. Implémentez la procédure d'initialisation qui :
- crée les individus dont 5 % sont initialement infectés et dont le délai de guérison est issue d'une distribution normale autour du délai moyen de guérison compris entre 0 et deux fois le délai moyen ;
- dispose les individus aléatoirement dan le monde.

Q4. Implémentez la procédure d'exécution qui :
- vérifie si tous les individus sont non infectés et arrête la simulation si c'est le cas ;
- déplace aléatoirement chaque individu ;
- vérifie si chaque individu en infecte d'autres et éventuellement guéri ;
- met à jour la couleur des individus.

Le taux de reproduction R_0 représente le nombre d'infections qui surviennent à la suite de l'introduction d'un individu infecté dans une population entièrement susceptible d'être infectée, au cours de la période de contagion de l'individu. Vous allez estimer analytiquement R_0 tel que:

$$R_0 = \frac{\partial I}{\partial S} = \beta \times N/\gamma = N \times ln(S(0)/S(t))/(N - S(t)) \tag{1}$$

où N est la population totale, $S(0)$ le nombre initial d'individus susceptibles d'être infecté, $S(t)$ est le nombre total d'individus susceptibles d'être infecté au pas t.

Q5. Ajoutez et calculer à chaque pas de simulation les attributs d'individu :
- `nb-infectés` qui est le nombre d'infections provoqué par l'individu ;
- `nb-rétablis` qui est le nombre d'individus rétablis au cours du pas de simulation.

Q6. Ajoutez et calculez au cours de la simulation les variables globales :
- `nb-infectés-précédent` qui est le nombre d'individus infectés au pas précédent ;
- `bêta` qui est le nombre moyen de nouvelles infections pour le pas de simulation ;
- `gamma` qui est le nombre moyen de guérisons divisé par le nombre d'individus infectés pour le pas de simulation ;
- `r0` qui est le taux de reproduction.

Q7. Ajoutez un moniteur qui affiche à chaque tour l'estimation du taux de reproduction. Ajoutez les graphiques qui représentent au cours de la simulation:
- le nombre d'individus infectés et le nombre d'individus infectés non infectés ;
- le pourcentage cumulé de la population infectée et le pourcentage cumulé de la population rétablie ;
- le taux d'infection et le taux de rétablissement.

Q8. Est-ce que vous obtenez une courbe de diffusion en forme de « S » ? Essayez de simuler le modèle en faisant varier un curseur à la fois. Par exemple : Comment l'augmentation du nombre initial d'individus affecte la propagation de la maladie ? Comment l'augmentation de la probabilité de guérison affecte-t-elle la forme des graphiques ? Qu'en est-il des changements du délai moyen de guérison ou du taux d'infection ? Que se passe-t-il avec la forme des graphiques lorsque vous augmentez la probabilité de guérison et diminuez le temps de guérison ? Et à l'inverse ?

Exercice 2 : Modèle agrégé de diffusion de l'innovation

Le modèle de diffusion de l'innovation le plus connu est un modèle mathématique agrégatif qui reproduit les courbes de diffusion en forme de « S » en distinguant deux facteurs explicatifs :
- l'innovation, i.e. certains individus se convertissent spontanément, sans pression endogène de la population ;
- l'imitation, i.e. d'autres individus adoptent par pression sociale des individus déjà convertis.

La pression d'imitation est proportionelle à la proportion d'adoptants : plus le nombre d'adoptants est élevé, plus le nombre de personnes susceptibles d'adopter par imitation est importante.
Ce modèle est équivalent à un modèle à base d'agents où m agents homogènes sont dans l'un des deux états suivants : non-adoptant ou adoptant. L'ensemble des variables $X^t = (x_i^t, \ldots, x_m^t) \in \{0, 1\}$ décrit l'état d'adoption des agents au pas t, $x_i^t = 1$ ssi l'agent i est adoptant au pas t. La probabilité pour l'agent i de passer de l'état de non-adoptant au pas t, à celui d'adoptant au pas $t+1$ est :

$$p(x_i^{t+1} = 1 | x_i^t = 0) = \big(p + \frac{\sum_{i=1,\ldots,m} x_i^t}{m} \times q\big) \times (1 - x_i^t) \tag{2}$$

où p et q ($\in [0, 1]$) sont respectivement le coefficient d'innovation et le coefficient d'imitation. Ce modèle suppose que les individus sont homogènes et tous interconnectés. La probabilité individuelle d'adoption de chaque agent est influencée uniformément par l'état d'adoption de tous les autres agents. De plus, tous les individus qui ont déjà adopté restent dans l'état d'adoptant.

Q1. Créez des boutons pour l'initialisation, l'exécution continue et l'exécution d'un pas de simulation. Créer des curseurs pour fixer :
- le nombre d'individus (de 2 à 1000) ;
- le coefficient d'innovation p (0.01 par défaut) ;
- le coefficient d'imitation q (0.3 par défaut).

Q2. Créez une espèce de tortue intitulée « individu » (de forme `person`) munie de la propriété `x`.

Q3. Écrivez la procédure d'initialisation qui :

- crée les individus, chacun ayant une couleur correspondant à son état ;
- positionne les individus aléatoirement dans le monde.

Q4. Écrivez la procédure d'exécution qui :

- se termine quand tous les individus sont adoptants ;
- invoque à chaque pas le comportement de chaque individu.

Q5. Implémentez un comportement d'individu qui, quand il est non-adoptant, change d'état avec la probabilité $p(x_i^{t+1} = 1 | x_i^t = 0)$ (cf. Équation 2).

Q6. Ajoutez à l'interface un graphique qui affiche au cours de la simulation le taux d'adoption. Est-ce que vous obtenez une courbe de diffusion en forme de « S » ?