

## Modélisation informatique de la propagation d'un virus en ville.

La modélisation informatique permet de simuler l'évolution d'un virus donné afin de mieux prédire son comportement. Suite à la pandémie du sars-cov-2, l'étude de la propagation d'un virus en ville nous a paru particulièrement intéressante pour mieux faire face aux dangers que pourraient représenter les virus du même acabit.

Les villes, zones principales de regroupement des populations, sont d'autant plus sujet à débat de par la facilité à laquelle les épidémies peuvent apparaître dans ces dernières. Il est ainsi intéressant d'étudier les différents modèles ainsi que leurs limites afin de mieux prévoir l'évolution des problèmes de santé

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- EL SHOUBAGI Ibrahim

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*INFORMATIQUE (Informatique pratique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Equations Lokta-Volterra</i>	<i>Lokta-Volterra Equations</i>
<i>Automate cellulaire</i>	<i>Cellular automaton</i>
<i>Mouvements de populations</i>	<i>Crowds movement</i>
<i>Simulation</i>	<i>Simulation</i>
<i>Graphes</i>	<i>Graphs</i>

### Bibliographie commentée

Avec la récente pandémie de sras-cov-2 l'épidémiologie, étude des problèmes de santé et de leur contagion, a été mise au premier plan [1].

Une épidémie correspond à l'augmentation de la présence d'une maladie là où cette dernière était préalablement absente. Elle peut aussi traduire l'augmentation de la gravité des symptômes d'une maladie.

Il existe en général deux grandes manières de simuler l'évolution d'une population :

-La première manière est d'utiliser un modèle compartimental [2]. Le modèle SIRM est un exemple de ce type de modèle simplifié, il répartit les individus dans 4 compartiments interagissant entre eux, et l'évolution est régie par des équations différentielles du premier degré couplées, il est notamment utilisé pour étudier les propagations dans des milieux clos, avec une densité d'individus

importante [3]. Cependant, ce modèle considère qu'au sein d'un compartiment, les individus interagissent de manière totale avec les individus des autres compartiments, ce qui est difficilement extrapolables à des contextes moins spécifiques.

-A l'inverse, les automates cellulaires consistent en une grille régulière de cellules étant chacune dans un état choisi parmi un ensemble fini, et qui peut évoluer au cours du temps. L'état d'une cellule au temps  $t+1$  dépend de son état à l'instant  $t$  et de l'état des cellules de son voisinage. À chaque nouvelle unité de temps, les mêmes règles sont appliquées simultanément à toutes les cellules de la grille, produisant une nouvelle génération de cellules. Les exemples sont nombreux : trafic routier, réseaux informatiques, formation d'essaims d'oiseaux, occupation de nids d'abeille, tissus cellulaires... Malgré tout, ce dernier a ses limites, puisque l'évolution de son état ne dépend que de ses plus proches voisins, ainsi les déplacements ne sont pas pris en compte par cette modélisation[4].

-En plus de ces deux modèles, on étudiera également un troisième basé sur l'utilisation des graphes. Ce modèle possède de prime abord une approche plus réaliste que les 2 précédents. En effet, il considère les interactions entre les personnes contrairement au modèle SIRM mais ne considère toujours pas les déplacements de populations [5].

C'est pourquoi en tentant de garder les bénéfices de tous les modèles nous tenterons dans la mesure du possible de faire converger les trois précédents modèles afin de pouvoir approcher au mieux la réalité.

Parmi tous les paramètres d'études, le seuil épidémique se définit comme le nombre d'infections nécessaires sur une période donnée, pour que la propagation de l'infection soit quasiment certaine. Ce nombre est généralement inversement proportionnel au taux de reproduction initial du parasite, mais est en grande partie défini arbitrairement. Il s'exprime en nombres de nouveaux cas par 100.000 habitants par exemple, en France, en 2019, le seuil épidémique des diarrhées aiguës était de 173 cas pour 100.000[7].

## **Problématique retenue**

Comment se propage une épidémie, comment utiliser les différents modèles à notre disposition et à quels points les prédictions coïncident avec la réalité des données?

## **Objectifs du TIPE**

Modélisation de la propagation d'un virus par la méthode des compartiments puis à l'aide de graphes, et comparaison avec un automate cellulaire, simulation d'une épidémie dans une ville.

Obtenir un modèle de propagation satisfaisant . En premier en étudiant 2 modèles, le modèle SIR et un modèle basé sur un automate cellulaire. Après avoir défini les limites de ces 2 modèles nous nous lanceront dans la propagation d'un modèle mettant en lien ces 2 derniers.

Les variables prises pour caractériser le virus seront approximées de celle du sars-cov-2.

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES :  
Épidémie de COVID-19 – Point sur la modélisation épidémiologique pour estimer l'ampleur et le  
devenir de l'épidémie de COVID-19 :  
[https://www.senat.fr/fileadmin/Fichiers/Images/opecst/quatre\\_pages/OPECST\\_modelisation\\_covid\\_19.pdf](https://www.senat.fr/fileadmin/Fichiers/Images/opecst/quatre_pages/OPECST_modelisation_covid_19.pdf)
- [2] NICOLAS BACAËR : Mathématiques et épidémies
- [3] NICOLAS DE RO MIRALLES : Le Modele ` SIR : Analyse Deterministe et Stochastique :  
[https://www.researchgate.net/profile/Nicolas-De-Ro/publication/355165308\\_Le\\_Modele\\_SIR\\_Analyse\\_Deterministe\\_et\\_Stochastique/links/61620a451eb5da761e70e0db/Le-Modele-SIR-Analyse-Deterministe-et-Stochastique.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Nicolas-De-Ro/publication/355165308_Le_Modele_SIR_Analyse_Deterministe_et_Stochastique/links/61620a451eb5da761e70e0db/Le-Modele-SIR-Analyse-Deterministe-et-Stochastique.pdf?origin=publication_detail)
- [4] ERIC DAUDÉ : Modélisation de la diffusion d'innovations par lasimulation multi-agents.  
L'exemple d'une innovation en milieu rural.
- [5] DAVID LOUAPRE : Propagation d'épidémies et graphes aléatoires :  
<https://scienceetonnante.com/2013/02/25/propagation-depidemies-et-graphes-aleatoires/>
- [6] MODÉLISATION D'UNE ÉPIDÉMIE, PARTIE 1 Comment les maths aident à la prise de  
décision : <https://images.math.cnrs.fr/Modelisation-d-une-epidemie-partie-1.html>
- [7] Bilan de la surveillance hivernale 2018-2019 en métropole : [santepubliquefrance.fr](https://santepubliquefrance.fr/content/download/201388/2380983) › content › download › 201388 › 2380983