

Modélisation mathématique des épidémies : Cas (Covid-19)

Les épidémies sont dans la plupart du temps des désastres difficiles à contrôler sans une modélisation mathématique. La situation que nous vivons ces deux dernières années a motivé mon choix à effectuer une étude sur la propagation d'une épidémie d'une manière générale et plus spécifiquement de la Covid-19.

Ce sujet s'inscrit particulièrement dans le thème proposé, en effet la modélisation des épidémies et la détermination des facteurs agissant sur la propagation de ces dernières est un pas essentiel pour conserver la sécurité sanitaire de la société.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

MATHEMATIQUES (Analyse), MATHEMATIQUES (Mathématiques Appliquées), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Modèles mathématiques</i>	<i>Mathematical models</i>
<i>Épidémiologie</i>	<i>Epidemiology</i>
<i>Modèle SIR</i>	<i>SIR model</i>
<i>Simulation</i>	<i>Simulation</i>
<i>Amélioration</i>	<i>Improvement</i>

Bibliographie commentée

Les maladies infectieuses sont les maladies qui sont transmises d'un individu à un autre ou d'une population à une autre. Elles sont causées par des organismes infectieux (bactéries, virus...). Avec le développement de bactéries résistantes aux médicaments, de maladies virales mortelles telles que le VIH (SIDA), Coronavirus SARS-Cov-2 (Covid 19) ont apparus. **[1]**

L'épidémiologie est une discipline qui étudie les problèmes sanitaires dans la société. La transmission et la propagation des maladies infectieuses dans la population est l'une des problèmes qui concerne cette discipline. Cette propagation suit des lois qui peuvent être formulées en langage mathématique. Cette idée commence à apparaître après le travail de Daniel Bernoulli en 1766 mais elle n'était pas bien comprise jusqu'au début du XXe siècle avec les travaux de Kermack et McKendrick en 1927 qui décrivent les dynamiques de la transmission des maladies en termes d'un système d'équations différentielles. **[2]**

La construction et l'analyse de modèles mathématiques décrivant les maladies infectieuses peut nous aider à comprendre le mécanisme de la transmission, et donc, nous pouvons proposer des stratégies pour prédire, prévenir et restreindre les maladies afin de protéger la santé de la population **[3]**. Ces modèles peuvent être classés en quatre catégories : les modèles discrets ou continus, les modèles d'EDO (Equations Différentielles Ordinaires), les modèles d'EDP (Equations

aux Dérivées Partielles) et les modèles déterministes ou stochastiques [4]. Mon étude s'intéresse essentiellement aux modèles déterministes ou stochastiques qui font partie des les modèles compartimentaux. Ces modèles épidémiologiques décrivent l'évolution d'une maladie au sein d'une population en fonction du temps. Ils divisent les individus selon leur état envers la maladie en des catégories appelées compartiments [5]. En 1927, les deux chercheurs : W.O. Kermack et A.G. McKendrick proposent un modèle mathématique fondamentale appelé le modèle SIR (pour Susceptible, Infectieux, Retiré) qui est composé principalement de trois compartiments reliés par trois équations différentielles afin de décrire l'évolution de la maladie étudiée [4]. Ce modèle par contre marche sous des hypothèses précises : les populations sont homogènes, les interactions sociales sont aléatoires, tous les individus ont un comportement semblable... [5]. Et donc d'autres modèles développés ont été proposés pour s'adapter à la maladie étudiée et à ses caractéristiques notamment la mortalité (SIR avec mortalité), SEIR qui présent l'ajout du compartiment E (exposés) et donc prend en compte la non contagiosité des exposés pendant une certaine période après l'infection [6].

Ces complexités qui affectent le modèle base sont nécessaires dans le cas de certaines maladies infectieuses. L'ajout de ces compartiments supplémentaires nous permet d'avoir une description plus exacte de la population au regard de ses caractéristiques face au processus d'infection et de guérison. Dans le cadre de la Covid-19, le compartiment E (exposés) est obligatoire pour caractériser les individus exposés au virus mais pas encore symptomatiques. [5]. Pour comprendre la dynamique d'une épidémie du type Covid-19 il nécessaire d'opter à des modèles mathématiques complexes et donc notre but sera de trouver des améliorations en se plaçant à l'échelle du temps du virus, et de celle de ses effets. Les modèles proposés doivent mettre en paramètre la durée de la période de latence, le temps d'incubation, la durée de contagiosité, les délais et les durées d'hospitalisation, les délais entre l'infection et le décès et pouvoir les estimer et les intégrer dans la modélisation afin d'avoir une prédiction correcte de la maladie [7].

Problématique retenue

Je vais essayer de décrire d'une manière précise l'évolution d'une épidémie dans une population qu'on suppose fermée et homogène (exemple de la Covid-19) en utilisant un modèle mathématique épidémiologique qui prendra en compte les différents facteurs du mécanisme de transmission.

Objectifs du TIPE

- 1- Comprendre différents modèles mathématiques qui décrivent l'évolution d'une épidémie au sein d'une population.
- 2- Application du modèle SIR pour l'étude de la propagation du Covid-19 puis amélioration du modèle.
- 3- Vérification de la pertinence de l'étude et la cohérence des données utilisées en procédant par une comparaison des résultats.

Références bibliographiques (ETAPE 1)

[1] LAKSHMI P. KOTRA : Infectious Diseases : [//www.sciencedirect.com/topics/immunology-and-](http://www.sciencedirect.com/topics/immunology-and-)

- [2] KRETZSCHMAR M., WALLINGA J. : Mathematical Models in Infectious Disease Epidemiology : https://doi.org/10.1007/978-0-387-93835-6_12
- [3] ZIZHEN ZHANG, ANWAR ZEB, OLUWASEUN FRANCIS EGBELOWO AND VEDAT SUAT ERTURK : Dynamics of a fractional order mathematical model for COVID-19 epidemic : <https://advancesindifferenceequations.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s13662-020-02873-w.pdf>
- [4] YOUNSI FATIMA ZOHRA : Mise en place d'un système d'information décisionnel pour le suivi et la prévention des épidémies : <https://theses.univ-oran1.dz/document/15201654t.pdf>
- [5] 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
- [6] FRED BRAUER, CARLOS CASTILLO-CHÀVEZ : Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology : *Springer, 2001*
- [7] TAHAR BOULMEZAOUD : Un modèle de prédiction de l'épidémie Covid-19 et une stratégie zig-zag pour la contrôler : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02561051v2/document>

DOT

- [1] *Début Octobre 2021 : recherche d'un sujet dans le domaine des épidémies. Le choix en fin Novembre d'étudier l'évolution de la pandémie Covid-19 suite à la situation sanitaire qu'on a vécu les deux derniers années.*
- [2] *Novembre 2021 : Analyse des différents modèles mathématiques puis le choix du modèle SIR qui semble être adéquat avec le cas du Covid-19.*
- [3] *Décembre 2021 : Analyse des différents paramètres qui caractérise l'épidémie dans le modèle SIR et amélioration du modèle.*
- [4] *Janvier 2022 : Implémentation des modèles SIR et SIR amélioré en utilisant le langage de programmation python et analyse des graphes obtenues.*
- [5] *Février 2022 : Exécution des modèles implémentés en se basant sur des données estimées liées à l'épidémie Covid-19*