

Modélisation mathématique des épidémies : Cas(Covid-19)

La covid-19 ne cesse pas de se propager à travers le monde à une vitesse exponentielle. La situation que nous vivons aujourd'hui m'a poussée à étudier quelques modèles mathématiques en épidémiologie dans le but de cerner analytiquement la propagation d'une épidémie d'une manière générale et plus spécifiquement du covid-19.

Ce sujet s'inscrit particulièrement dans le thème proposé, en effet la propagation accélérée de l'épidémie covid-19 a engendré la saturation des hôpitaux. Pour lutter contre ces enjeux environnementaux, les gouvernements utilisent des modèles mathématiques pour prévoir l'évolution de la pandémie et prendre des décisions par la suite.

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>Décision</i>	<i>Decision</i>

Bibliographie commentée

Les maladies infectieuses sont les maladies qui peuvent être transmises d'une personne à une autre ou d'une population à une autre. Elles sont causées par des agents infectieux. Parmi ces maladies infectieuses on trouve: Coronavirus SARS-Cov-2 (Covid 19), Rhinovirus (Rhume), le VIH (SIDA) [1].

Les modèles mathématiques décrivant les maladies infectieuses ont un rôle important à la fois en théorie et en pratique. Ils se sont avérés être des outils utiles lors de la prise de décisions relatives aux politiques de santé publique et le suivi de l'évolution d'une épidémie. La construction et l'analyse de modèles épidémiologiques permet de comprendre et simuler le mécanisme de transmission d'une maladie infectieuse. Ce qui constitue le point de départ dans l'élaboration de stratégies visant à freiner le processus d'infection et protéger la santé publique [2]. En effet, les modèles mathématiques permettent d'étudier le lien mathématique entre les événements invisibles (transmission de l'infection entre individus) et les événements visibles (incidence de l'infection clinique, données de séroprévalence, etc.). Il s'agit de construire un ensemble de fonctions mathématiques décrivant un phénomène.

Jusqu'à présent, de nombreux modèles mathématiques de maladies infectieuses formulés par des

équations différentielles ont été construits et analysés pour étudier la propagation des virus. Ces modèles peuvent être classés de plusieurs manières: Linéaire / non linéaire, Dynamique, Déterministe / stochastique [3].

Mon étude s'intéresse aux modèles déterministes et dynamiques qui sont des modèles compartimentaux. Ces modèles divisent la population en classes épidémiologiques. Ils font partie des premiers modèles mathématiques utilisés en épidémiologie et ont vu le jour au début du XXème siècle avec le modèle simple SI de Hamer (1906) [4]. Le premier modèle compartimental utilisant des équations différentielles est celui de Ronald Ross en 1911, c'est le modèle de transmission du paludisme [5]. L'épidémiologie mathématique a été portée à un nouveau niveau par le modèle SIR (Susceptibles, Infectés, Rétablis) de la propagation des maladies infectieuses, publié par Kermack et McKendrick en 1927 [3]. Plus précisément, Ils ont appliqué les idées de Ross pour les maladies dont la dynamique de transmission dépend de la fréquence et de l'intensité des interactions entre individus susceptibles (sains) et individus infectés et infectieux [1]. Leur modèle n'inclut pas les taux naturels de natalité et de mortalité et, par conséquent, ne modélise que les flambées épidémiques. Aussi, le modèle SIR considère que les individus ont un comportement semblable et que chacun d'entre eux a la même probabilité de contacter n'importe quelle autre personne, en supposant que les populations sont homogènes et les interactions sociales sont aléatoires. La complexité des interactions entre individus est donc sous-estimée par ces hypothèses. En effet, les liens sociaux sont complexes et différent d'un individu à un autre. De ce fait, la considération des spécificités de plusieurs groupes d'individus (tranche d'âge, lieu de travail, interactions quotidiennes, l'école...) est cruciale pour la prise d'une décision visant à réduire les interactions entre individus [6]. D'où la nécessité d'améliorer le modèle SIR en ajoutant des compartiments (classes d'individus) pour une description plus complète du phénomène étudié.

Problématique retenue

Afin de lutter contre la propagation d'une épidémie, des modèles mathématiques épidémiologiques reposant sur des équations différentielles, sont utilisés pour prévoir l'évolution des contaminations au cours du temps. Les résultats obtenus à partir de ces modèles constituent des outils d'aide à la décision pour les responsables de la santé publique.

Objectifs du TIPE

1-Comprendre la propagation des épidémies par analyse des modèles mathématiques

2-Application du modèle SIR pour l'étude de la propagation du Covid-19

3-Amélioration du modèle SIR

4-Comparaison des résultats

Références bibliographiques (ETAPE 1)

[1] DERDEI BICHARA : Étude de modèles épidémiologiques : Stabilité, observation et estimation de

paramètres. Systèmes dynamiques : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00841444/file/BicharaPhDThesis.pdf>

[2] 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>

[3] MAIA MARTCHEVA : An introduction to mathematical epidemiology : https://zums.ac.ir/files/socialfactors/files/An_Introduction_to_Mathematical_Epidemiology-2015.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] G. SALLET, INRIA & IRD : Modélisation et simulation en épidémiologie : http://www.math.univ-metz.fr/~sallet/Basic_epidemiio.pdf

[6] 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

DOT

[1] *Début Novembre 2020 : recherche d'un sujet de travail qui s'est suivi par le choix des épidémies comme domaine d'étude. Suite au contexte sanitaire actuel et après des recherches bibliographiques approfondies , la décision a été prise fin novembre pour étudier l'évolution de la pandémie Covid-19 en se basant sur les modèles mathématiques épidémiologiques.*

[2] *Décembre 2020 : Suite à une analyse des différents modèles épidémiologiques, le choix a été porté sur le modèle SIR qui semble être le plus adéquat avec la pandémie Covid-19.*

[3] *Janvier 2021 : Amélioration du modèle SIR pour fiabiliser les résultats obtenus et s'approcher au plus près de la réalité.*

[4] *Février 2021 : Implémentation des modèles épidémiologique SIS, SIR et SIR amélioré en utilisant le langage de programmation python. Analyse des graphes générés automatiquement par les modèles implémentés.*

[5] *Mars 2021 : Exécution des modèles implémentés en se basant sur des données estimées liées à l'épidémie Covid-19. Compréhension des résultats obtenus et leur rôle crucial dans la gestion des capacités hospitalières et dans l'anticipation de l'épidémie*