

Modélisation et Contrôle de la propagation de maladies infectieuses en ville par réseaux de contacts

Nous faisons face, aujourd'hui, à l'apparition et montée de maladies infectieuses liées directement à l'urbanisation, des maladies tant nuisibles à l'homme qu'aux regroupements humains. Le choix du sujet est motivé par le désir de comprendre les grands principes de l'épidémiologie mathématique et de développer une modélisation mathématique originale du phénomène.

L'environnement socio-spatial des villes représente un facteur d'émergence et de propagation de maladies infectieuses, il constitue, ainsi, l'un des foyers principaux de tels phénomènes. Cependant, même si le développement de modèles compatibles à la dynamique de la ville demeure complexe mais il s'impose afin d'assurer la sécurité de la population.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *MATHEMATIQUES (Mathématiques Appliquées)*
- *MATHEMATIQUES (Autres)*
- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

<i>Maladie infectieuse</i>	<i>Infectious illness</i>
<i>Réseau complexe</i>	<i>Complex network</i>
<i>Contrôle de la propagation</i>	<i>Spread control</i>
<i>Reproduction de base</i>	<i>Basic reproduction</i>
<i>Modèle compartimental</i>	<i>Compartmental model</i>

Bibliographie commentée

La propagation des maladies infectieuses a toujours touché les regroupements humains et ne cesse jusqu'aujourd'hui de causer des problèmes de santé publique au sein des villes. Les villes constituent, ainsi, en grande partie, les lieux d'émergence de maladies et les foyers principaux favorisant leur propagation, d'où la nécessité d'établir des modèles de description et contrôle du phénomène adaptés au dynamisme de propagation des maladies en ville.

Pourtant, ce n'est qu'au XVIII^e siècle que les premiers modèles de propagation de maladies infectieuses, pour but de prévention, vont connaître le jour. Parmi les modèles les plus courants, on trouve les modèles compartimentaux et stochastiques [5] qui se basent sur un paramétrage général de la population, une mise en équation puis une résolution qui permet plus ou moins

une prédiction de l'évolution de la maladie selon sa nature.

Cependant ces modèles ne permettent pas une description précise surtout pour des villes où la population est hétérogène et où la dynamique est imprévisible. Face à cette limitation des modèles courants et avec le développement de la théorie des graphes en informatique, de nouvelles alternatives émergent. Et la modélisation des relations de contact entre les individus des villes grâce aux graphes a connu ses débuts. La méthode tient en compte des particularités des individus, de la nature et fréquence des contacts entre eux [1].

En revanche, l'aspect aléatoire de la dynamique des individus dans une ville et des contacts entre eux rend le traitement du problème de manière déterministe impossible, la modélisation stochastique tenant compte des différentes variables aléatoires de la population s'impose [1], elle permettra la description et la détermination de la loi d'évolution, et de distribution de la maladie pour une transmissibilité totalement hétérogène.

Le modèle permet de comprendre et prédire de manière spécifique la dynamique de la maladie au sein d'une ville donnée, une compréhension qui sera, dans une large mesure primordiale pour le contrôle de la maladie. Après détermination de la loi de distribution, il est possible de fournir un paramétrage de cette évolution propre à la population, étape nécessaire pour le modèle de contrôle [3].

Le contrôle repose sur la réalisation de certaines conditions dépendant naturellement directement des paramètres de contrôle considérés. En effet une condition naturelle pour une diminution de la propagation est que le nombre moyen de cas attendus directement générés par un cas dans une ville où tous les individus sont sensibles à l'infection soit inférieur à une valeur seuil [4]. Le contrôle de la propagation repose alors sur une bonne gestion des paramètres de contrôle et une bonne prise de décision [2] pour assurer une convergence de la propagation.

Problématique retenue

Comment décrire la propagation d'une maladie infectieuse au sein d'une ville tenant compte d'une transmissibilité hétérogène et comment contrôler cette propagation ?

Objectifs du TIPE du candidat

-Etablir un modèle théorique pour décrire la propagation des maladies infectieuses à l'aide de réseaux complexes stochastiques de contact.

-Introduire les différentes variables aléatoires nécessaires qui caractérisent la population pour faire une telle description.

-Simuler à l'aide de python l'évolution de la maladie à partir d'un réseau et des données de la population.

-Utiliser cette description pour déterminer les différents paramètres qui recensent l'évolution de

la maladie dans la population.

-Etablir un cadre théorique pour modéliser le contrôle de l'évolution de la maladie.

-Effectuer des simulations avec et sans contrôle et comparer les résultats.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] ANTOINE ALLARD : Modélisation mathématique en épidémiologie par réseaux de contacts : <https://www.collectionscanada.gc.ca/obj/thesescanada/vol1/QQLA/TC-QQLA-25738.pdf>
- [2] EDUARDO POZO VALDIVIEZO : Une brève étude du nombre de reproduction en épidémiologie et leurs applications : https://www.amarun.org/images/7_documentos/7-3_tesis_maestria/Pozo2020.pdf
- [3] DJAMILA MOULAY : Modélisation et analyse mathématique de systèmes dynamiques en épidémiologie : <https://theses.hal.science/tel-00633827/document>
- [4] YOUNSI FATIMA ZOHRA : Mise en place d'un système d'information Décisionnel pour le suivi et la prévention des épidémies : http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/2016/younsi_fz/pdfAmont/younsi_fz_these_udl.pdf
- [5] SUJET MINES INFORMATIQUE MP-PC-PSI 2016 : Modélisation de la propagation d'une épidémie : https://www.doc-solus.fr/prepa/sci/adc/bin/view.corrige.html?q=PSI_INFO_MINES_1_2016

DOT

- [1] : [Mars-Avril 2022] Etude des théories classiques de modélisation de maladies tenant compte d'une transmissibilité homogène et implémentation des premiers codes python pour simuler les résultats, cependant cela a mené à des résultats simplistes, peu réalistes et insatisfaisants.
- [2] : [Mai-Juin 2022] Découverte du problème d'hétérogénéité de la transmission des maladies au sein des populations et ainsi des nouveaux horizons du sujet et les premières études documentaires sur le problème.
- [3] : [Septembre-Octobre 2022] Début du développement d'un modèle théorique original sur la base de la théorie des graphes et d'une approche stochastique, et simulation des premiers résultats pour des populations générées aléatoirement, cependant malgré l'aboutissement à des résultats théoriques plus intéressants, la résolution était très lente et insatisfaisante.
- [4] : [Novembre 2022] Achèvement du modèle théorique développé pour une description plus précise des conséquences de la maladie sur la population.
- [5] : [Décembre 2022-Janvier 2023] Optimisation du code déjà implémenté pour une vitesse de simulation plus rapide et complétion du code pour une simulation complète de la théorie et l'aboutissement à des résultats plus intéressants avec des vitesses d'exécution plus acceptables ainsi que les premiers pas vers la découverte de quelques modèles de contrôle.
- [6] : [Février-Mars 2023] Etude d'un modèle théorique de contrôle adapté à la modélisation développée, son application au cas particulier de notre approche et développement d'un dernier code python pour simuler les résultats du contrôle à notre approche.

