

- Commencer par un SIR classique (celui du CNRS, regarder le lien Kaggle déjà implementé)
- Apès aller sur des modèles plus compliqués

Il faut au moins faire un modèle SIR avec analyse de sensibilité !!! => Quelqu'un à Paris a classer en fonction des pays!

Il faut passer 3 à 4 demi-journée ==> et puis mise en page!!!

Rapport:

- Introduire ce que vous avez retenu (par exemple SIR), présentation, comment choisir les paramètres, ...
- Pourquoi vous l'avez fait
- Résultats (ce param est plus intéressant à estimer que cet autre, que l'autre, du fait de la sensibilité)

Incertitudes Mini-Projet 2020-2021

Analyse de sensibilité des modèles SIR et de leurs extensions.

frederic.bertrand@utt.fr
frederic.bertrand@unistra.fr

Frédéric Bertrand

Décembre 2020

Description

Ce mini-projet du cours d'incertitudes comporte deux parties qui sont indépendantes. Il est à rendre par mail à l'adresse **frederic.bertrand@utt.fr** pour le mercredi 15 janvier 2021 à 18h00, heure de Paris, **dernier délai absolu**. J'attends un rapport d'au maximum dix pages et un code fonctionnel, c'est-à-dire que je pourrai exécuter à nouveau lorsque j'évaluerai votre mini-projet. J'accepte les *notebook* Jupyter ou colab.

De nombreuses références sont présentées ci-dessous, vous n'avez pas à lire toutes mais à choisir celles qui vous intéressent le plus à étudier pour le mini-projet.

Introduction

La modélisation d'une épidémie a fait l'objet d'une attention médiatique particulière depuis le mois de mars 2020. Plusieurs modèles sont généralement utilisés à cette fin.

Les articles en ligne de Corentin Bayette, avec la participation de Marc Monticelli pour les simulations

— <https://tinyurl.com/yysgyypg>

— <https://tinyurl.com/y6b362k8>

présentent les modèles les plus communément employés. À la lecture de ces documents nous constatons que la mise en œuvre de ces modèles nécessite la connaissance de plusieurs paramètres ainsi que celle de la situation à t_0 .

1 Modélisation mathématique

Une lecture, au choix, de certains des articles suivants contenant des éléments plus mathématiques ou des approfondissements de ces modèles vous sera profitable.

- mettre en place une démarche d'analyse de sensibilité

DEBUT:

--- Il faut un modèle (faire du copier coller): SIR (CNRS), conditions initiales: paramètres:

Estimation des paramètres:

- sur mes paramètres je mets aléatoires: Différent d'un pays à l'autre
 - tableau de Guemdjo (une normale, une copule d'indépendance)
 - aussi je connais la moyenne et l'écart type, je choisis une loi normale
 - on calcule les indices de Sobol
- Pour les conditions initiales: on choisit

- Giordano, G., Blanchini, F., Bruno, R. et al. Modelling the COVID-19 epidemic and implementation of population-wide interventions in Italy. *Nature Medicine*, **26**, 855–860 (2020), <https://tinyurl.com/y448qq2z>
- He, S., Peng, Y. & Sun, K. SEIR modeling of the COVID-19 and its dynamics. *Nonlinear Dynamics*, **101**, 1667–1680 (2020). <https://tinyurl.com/y3tovpsc>.
- dans le mémoire de Hugo Falconet et Antoine Jégo sous la direction d'Amandine Veber et Vincent Calvez, <https://tinyurl.com/y6mw6vda>;
- *the SIR model and the Foundations of Public Health* de Howard (Howie) Weiss, <https://tinyurl.com/y518kwcm>;
- le cours de Modèles épidémiologiques (\mathcal{R}_0) de Suzanne Touzeau, <https://tinyurl.com/y3kl8fg5>;
- Toshikazu Kuniya, Jinliang Wang, Hisashi Inaba, A multi-group SIR epidemic model with age structure, *Discrete and Continuous Dynamical Systems*, 2016, <https://tinyurl.com/y3z6ttq9>;
- Gul Zamana, Asaf Khana, Dynamical aspects of an age-structured SIR endemic model, *Computers and Mathematics with Applications*, 2016. <https://tinyurl.com/yyelb2bs>;
- Khan, A, Zaman, G. Optimal control strategy of SEIR endemic model with continuous age-structure in the exposed and infectious classes. *Optim Control Appl Meth.* 2018, **39** :1716–1727, <https://tinyurl.com/y2xsxn6t>
- Anwarud Din, Yongjin Li, Tahir Khan, Gul Zaman, Mathematical analysis of spread and control of the novel corona virus (COVID-19) in China, *Chaos, Solitons & Fractals*, (2020), <https://tinyurl.com/y3423lg7>.

2 Estimation des paramètres

Pour cela, vous serez amené à considérer les articles suivants qui s'intéressent à l'ajustement des modèles et à la détermination de leurs paramètres et conditions initiales.

- Simulating the progression of the COVID-19 disease in Cameroon using SIR models Nguemdjo U, Meno F, Dongfack A, Ventelou B (2020) Simulating the progression of the COVID-19 disease in Cameroon using SIR models. *PLOS One*, **15**(8) : e0237832. <https://tinyurl.com/y4v2wqxp>.
- Lounis, Mohamed, and Dilip Kumar Bagal. Estimation of SIR model's parameters of COVID-19 in Algeria. *Bulletin of the National Research Centre* vol. **44**,1 (2020) : 180. <https://tinyurl.com/yy7d76j3>.
- Cooper I, Mondal A, Antonopoulos CG. A SIR model assumption for the spread of COVID-19 in different communities. *Chaos Solitons Fractals*. 2020, **139**, 110057. <https://tinyurl.com/yxnut6ww>
- Ahmetolan S, Bilge AH, Demirci A, Peker-Dobie A and Ergonul O (2020) What Can We Estimate From Fatality and Infectious Case Data Using the Susceptible-Infected-Removed (SIR) Model? A Case Study of Covid-19 Pandemic. *Frontiers in Medicine*, **7** :556366, <https://tinyurl.com/>

	Original	Bias	Std. error	Bootstrap normal CI*	
				Inf	Sup
β	0.615	7.65e-06	0.003	0.610	0.619
γ	0.393	-3.69e-05	0.003	0.388	0.398
R_0	1.567	0.000	0.016	1.536	1.597
Maximum Infected	2,015,200	757.6864	76,463.73	1,864,576	2,164,309
Number of Days to reach the peak	81.06	-0.022	1.660	77.81	84.32

*CI = Confidence Interval.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237832.t001>

FIGURE 1 – Paramètres estimés, tiré de Nguemdjo et al. (2020), PLOS one.

yy9fardd.

En particulier, le tableau 1 est extrait de l'article de Nguemdjo et al. (2020) et reprend une analyse que les auteurs avait dédiée à l'estimation des paramètres de l'épidémie au Cameroun.

3 Code

Enfin, il pourra vous être profitable de visiter cette page *kaggle*, intitulée *COVID-19 data with SIR model*, dédiée à la programmation de modèle SIR sous python.

- sur *kaggle* : <https://tinyurl.com/y4o4r5l3>;
- sur *Github* : <https://tinyurl.com/y23nrrhl>.

4 Objectif du mini-projet

Vous vous intéresserez à l'impact des paramètres et des conditions initiales sur la propagation de la maladie et ses caractéristiques.

Pour atteindre cet objectif, vous êtes invité à entreprendre les actions suivantes.

- Vous pourrez choisir l'un des modèles détaillé dans les références proposées. Vous êtes libre d'utiliser un autre modèle à condition de joindre à votre rapport de projet un article détaillant ce modèle.
- Vous devez également expliquer comment vous avez modéliser les incertitudes sur les paramètres ou les conditions initiales en précisant quelles sont les sources que vous avez utilisées et les hypothèses que vous avez faites. Vous pouvez également utiliser d'autres documents que ceux proposés à condition de les joindre à votre rapport de projet.
- Si vous utilisez une base de données, par exemple pour estimer les incertitudes sur les paramètres et les conditions initiales, merci de m'indiquer ses caractéristiques ainsi qu'un lien permettant d'y accéder.
- Vous être libre de rechercher et d'utiliser des implémentations, typiquement en Python, des modèles que vous souhaitez étudier à condition de les joindre, sous forme de fichiers annexe, à votre rapport de projet afin

que je puisse facilement déterminer quelle est votre contribution de celles
des auteurs dont vous avez repris le travail.