

Vision individuelle versus vision sociétale sur le de-confinement: optimum, équilibre, et hétérogénéité

Gabriel TURINICI
CEREMADE, Université Paris Dauphine
Health Data Hub France
12 mai 2020

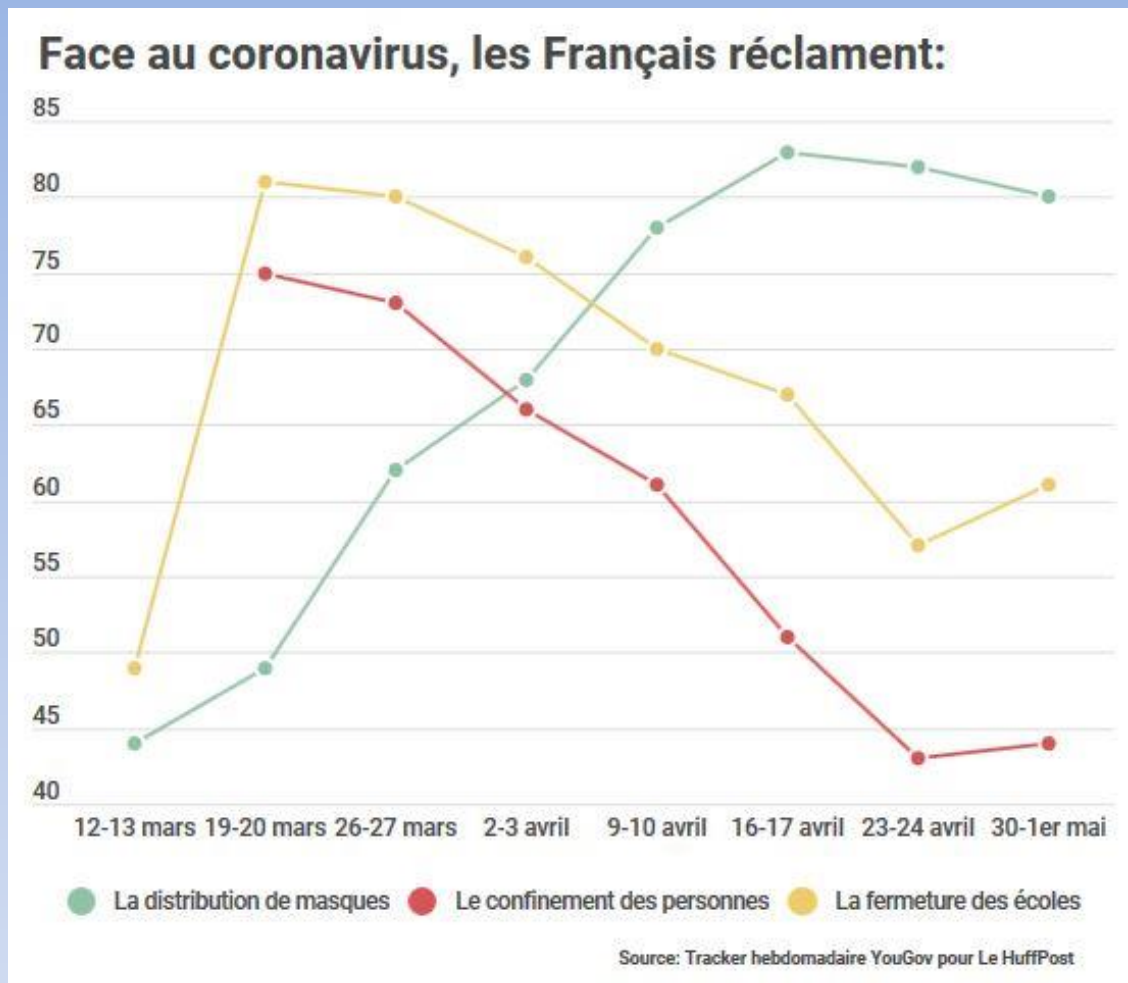
Disclaimer

Le contenu est lié à des recherches en cours.
Ne pas prendre de décision clinique en
fonction de ces informations, consulter un
professionnel si besoin d'avis.

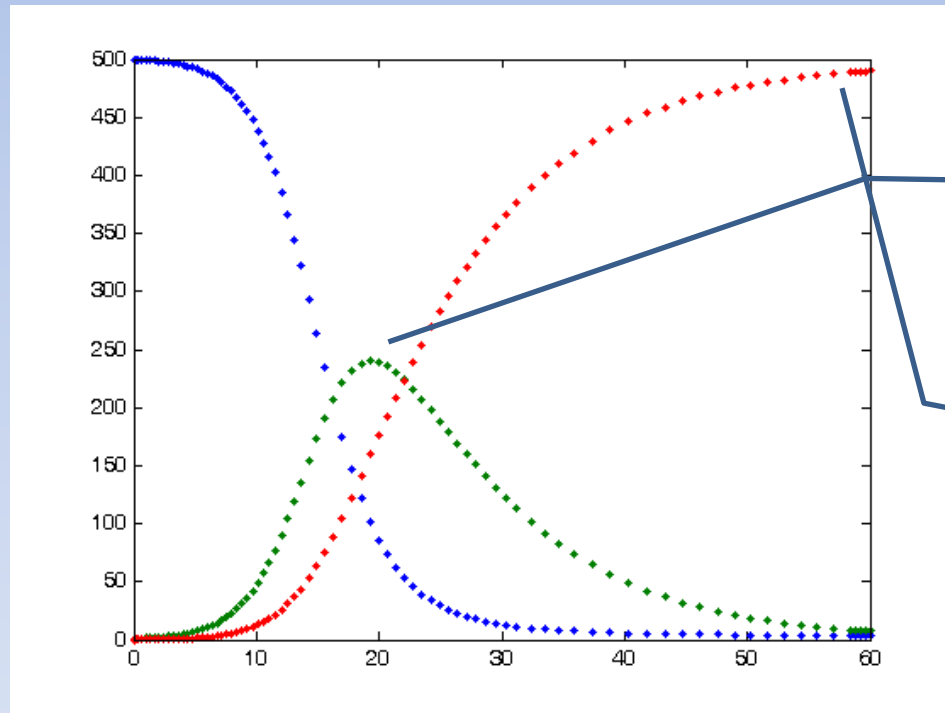
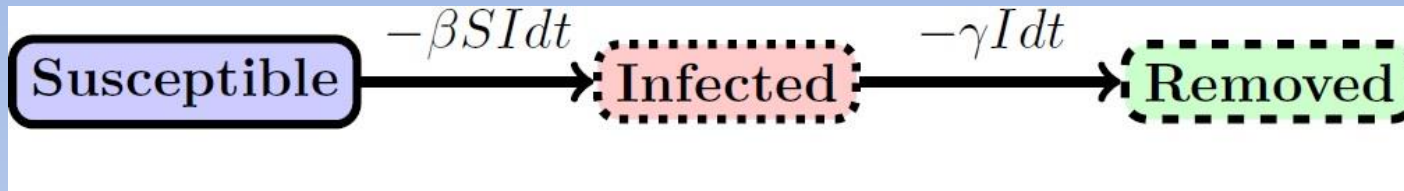
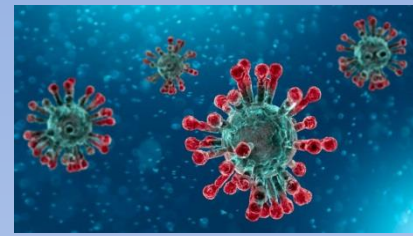
Vu dans les journaux:

Source: Tracker hebdomadaire YouGov pour Le HuffPost, contact: S. Marcadé/YouGov

Si vote, fin avril = fin confinement (?)



Maths: modèle SIR



Résultats typiques pour le modèle SIR S=bleu, I=vert, R=rouge
Source: https://en.wikipedia.org/wiki/Compartmental_models_in_epidemiology

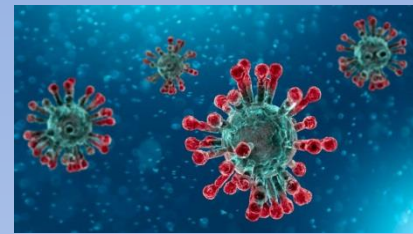
Modèle SIR

(W. O. Kermack and A. G. McKendrick 1927)

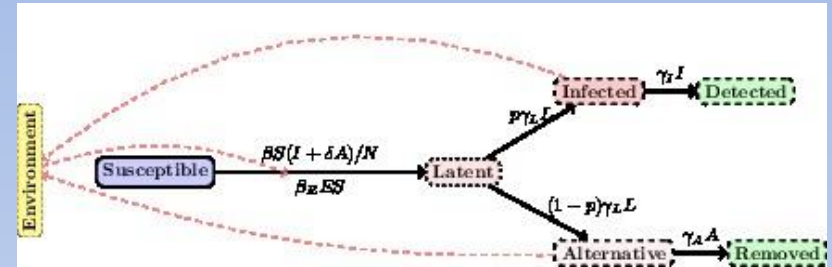
$$dS/dt = -\beta S I$$

$$dI/dt = \beta S I - \gamma I$$

$$dR/dt = \gamma I$$



Autres modèles



A. Danchin, P. Ng, G.T.: <https://doi.org/10.1101/2020.02.14.20022939>

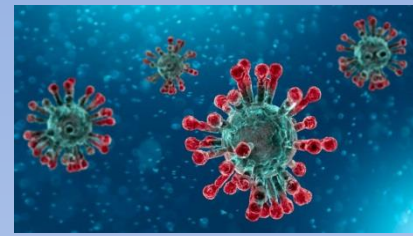
Confinement: change le β ...

Vision sociétale: optimiser la somme des couts de confinement et les couts épidémiques

Vision individuelle : pas la même chose, peut diverger, par exemple pour ceux pas à risque ou au contraire à risque élevé ailleurs (soins de santé, pression psychologique, ...).

Cout individuel: structure similaire MAIS probabilité de infection dépend du niveau épidémique donc des autres, pas actionnable au niveau de l'individu. Au contraire le bien-être global pas relevant toujours au niveau individuel.

Outils techniques: Mean Field Games



Rappel eq:

$$dS/dt = -\beta S I$$

$$dI/dt = \beta S I - \gamma I$$

$$dR/dt = \gamma I$$

Formule coût individuel

$$\min_{\beta} C(\beta, \bar{\beta}) = \min_{\beta} \mathbb{E} \left[\int_0^{\tau \wedge T} c(\beta_s) ds + r_I \mathbf{1}_{\tau \leq T} \right],$$

Proba infection:

$$\mathbb{P}(\tau \leq t) = 1 - e^{-\int_0^t \beta_s I_s^{\bar{\beta}} ds}$$

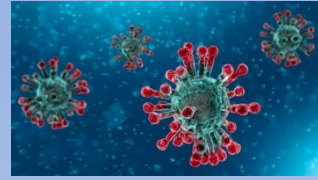
$$\min_{\beta} C(\beta, \bar{\beta}) = \min_{\beta} \mathbb{E} \left[\int_0^{\tau \wedge T} c(\beta_s) ds + r_I \mathbf{1}_{\tau \leq T} \right],$$

Equilibre de Nash:

- Rationalité : β^* = le mieux qu'un individu peut faire si tout le monde fait S^*, I^*, R^*
- Consistance: si tout le monde fait β^* alors la dynamique est S^*, I^*, R^*

Théorème (avec E. Hubert et R. Elie, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02545930>):
un équilibre existe.

Résultats numériques



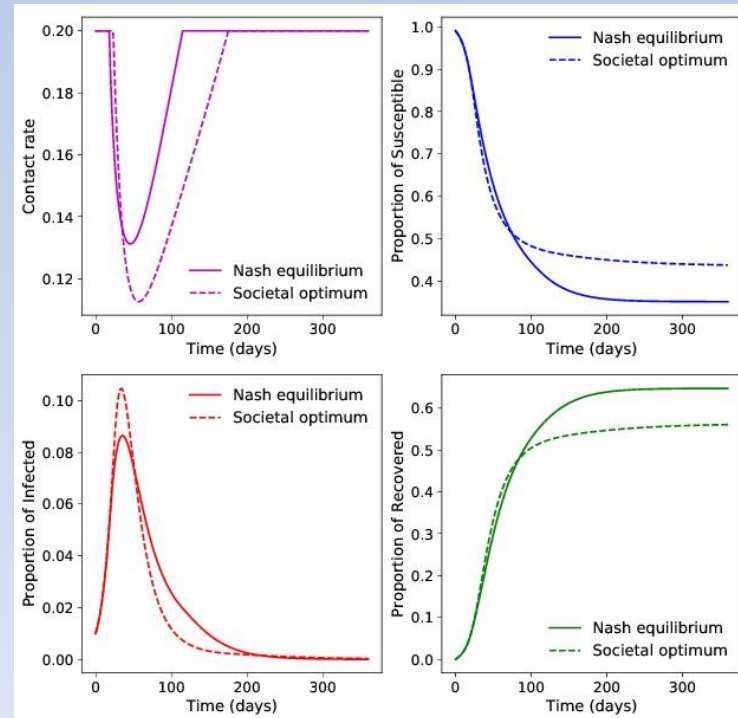
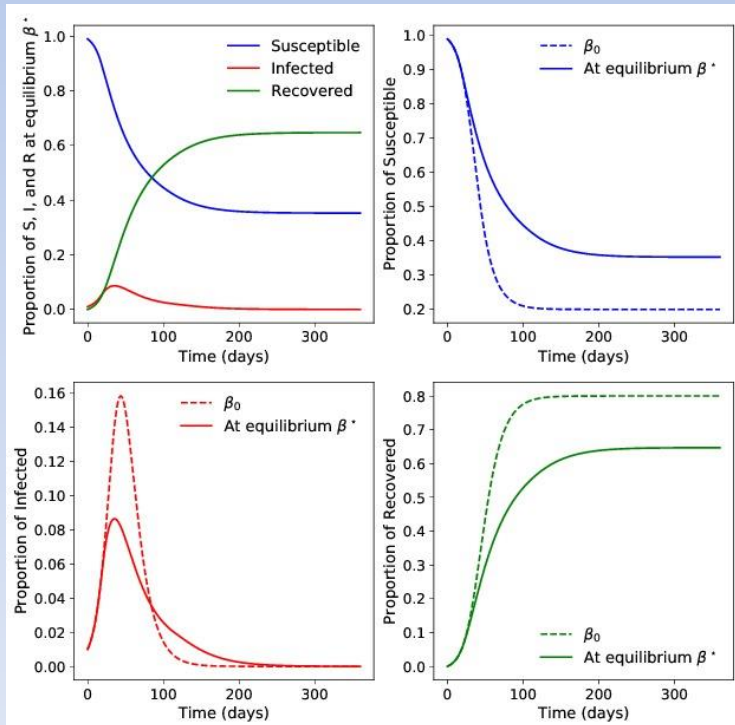
Méthode numérique (G.T. 2017): « metric space equilibrium flow »

<https://dx.doi.org/10.1016/j.na.2017.10.002>

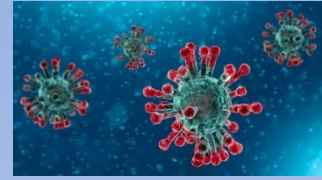
Déjà utilisée pour les MFG de vaccination (L. Laguzet et G.T.)

Par rapport à rien faire: ok, pic moins haut, taille totale épidémie moins importante

Par rapport à l'optimum global: cout de l'anarchie > 0.



Résultats numériques



Remarques: SEIR = pareil

Confinement constant par morceaux

Les individus peuvent se confiner même en absence de règle étatique.

Validation empirique aux US
(<https://arxiv.org/abs/2004.14748>)

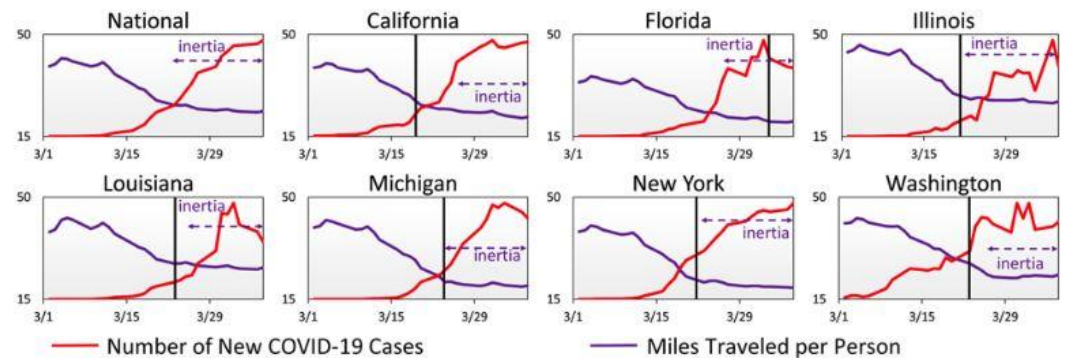
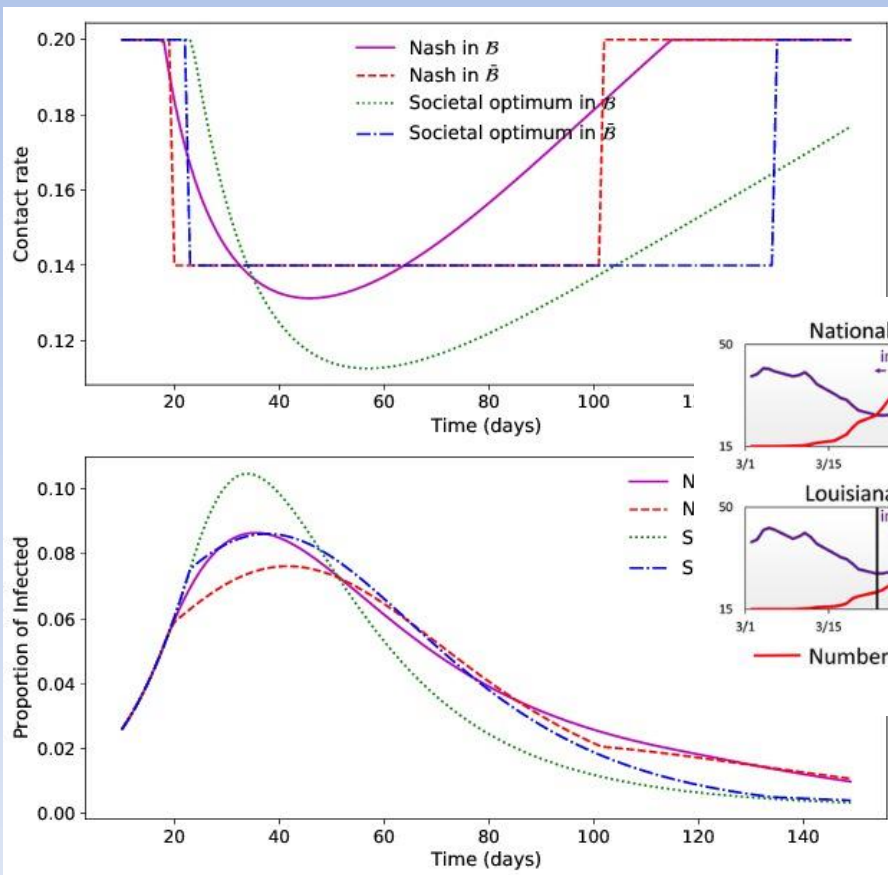
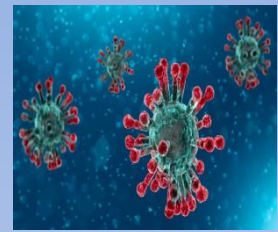


Figure 4. Inertia for miles traveled per person

Suites et besoins en données



- Extensions naturelles aux structurations (cf. travail avec Jean Dolbeault <https://arxiv.org/abs/2005.00049> le résultat en dépend) :
 - par risque COVID (besoins en données: temps de séjour individuel à l'hôpital et suite, croisement avec âge, co-morbidités, facteurs de risques, info socio-économiques)
 - par condition médicale générale (données: ATCD, estimation fonction immunitaire)
 - dans la perspective d'un vaccin (données nécessaires: facteurs de risque vaccination dont estimation fonction immunitaire)
 - Vision comportementale (effort = $I(t)^{1/2}$): données utiles: mobilité par âge et co-morbidité
 - Vagues à venir: données utiles: taux asymptomatiques, état immunologique de la population, fonction immunitaire

En sortie: adhérence aux politiques de contrôle, réactions qualitatives aux nouvelles ou incertitudes