

# Didier Cuménal

[cumenald@wanadoo.fr](mailto:cumenald@wanadoo.fr)

Animateur du groupe Dynamique des Systèmes AFSCET

Journées du moulin d'Andé 2021 – 29 et 30 mai 2021

"Pourquoi les modèles et les simulations traitant des crises, des catastrophes, requièrent toute l'attention des médias et du grand public ?"

---

*« On devrait toujours être légèrement improbable »*  
Oscar Wilde



# AFSCET

“Association Française de Science des Systèmes  
Cybernétiques, Cognitifs Et Techniques”  
[www.afscet.asso.fr](http://www.afscet.asso.fr)

# Sommaire



NB : Il s'agit d'un diaporama-notes d'exposés



Une problématique qui interroge... !	3
La modélisation, la simulation	5
Les crises	7
La panique médiatique	8
Les experts de la simulation entrent en scène, mais aussi avec eux de mauvaises interprétations par le public	9
La communication en temps de crise : le rôle des simulations	11
De la pandémie de la peur à l'épidémie de la peur	13
Les décisions prises par les politiques	16
Une future question de recherche : quelles relations entre savoirs pouvoirs et opinions ?	17
Éléments de bibliographie	21

# Une problématique qui « interroge »... !

Tout le monde a pu constater que les médias, les réseaux sociaux abreuvent en continu l'individu par des informations très **anxiogènes**. Plus de 80% des Français interrogés lors d'un sondage du journal « Le Point » ont déclaré que le climat était trop angoissant.

Les gourous de la santé, le gouvernement appuyé par des modèles, des simulations souvent contradictoires entre elles ont provoqué des **injonctions paradoxales** et finalement un **appel à la peur**. Ce dernier amplifié par les médias et les réseaux sociaux a joué le rôle de caisse de résonance. Dès lors on a pu dire et écrire : « **de la peur de l'épidémie à l'épidémie de la peur** » !



# Une problématique qui interroge !

et « who's who » ?

---

**Mais comment les modèles et les simulations soutenues par les autorités sanitaires et gouvernementales sont devenus « parole d'évangile » pour le grand public ?**

Pourtant des égarements numériques ont jeté un trouble et ont généré l'échec des messages persuasifs souhaités et même un **déni des recommandations** avec à la clef un **relâchement** des comportements.

Je souhaiterais montrer la faiblesse de ces modèles comportementaux de contagion (« SIR » et dérivés) comme outil de communication et de décision souvent détournés de leur contexte de création.

Finalement on en revient à la question de base : un modèle et des simulations pour **quels usages** ? Il saurait vain de croire que la simulation est une **logique du succès de l'agir** ! (l'action n'obéit pas aux courbes de la simulation).

*Mon activité depuis plusieurs années est la modélisation et la simulation. J'enseigne en M2 (Sorbonne) et dans trois écoles d'ingénieur (École des Ponts ParisTech, l'ECE et l'ESIEA).*

*Actuellement consultant auprès de l'ADEME (formation à la modélisation des décideurs et des élus de l'Île-de-France) sur la transition écologique), par ailleurs plusieurs activités de recherche dans le labo d'études multidisciplinaires en gestion de projet de l'Univ. du Québec ([LemGP](#)). Animateur du groupe de Dynamique des Systèmes de l'AFSCET.*

# La modélisation et la simulation

## La modélisation

**Marvin Minsky (1965)** : Pour un observateur B un objet  $A^*$  est un modèle d'un objet A dans la mesure où B peut utiliser  $A^*$  pour répondre à des questions qui l'intéressent au sujet de A.

Le modèle n'est pas là pour dire quoi penser, mais comment penser.

On juge un modèle plus sur son utilité que sur son exactitude.

C'est une prothèse provisoire collée sur le réel à un instant donné.

C'est aussi un révélateur de la « pensée » de celui qui la bâtit.

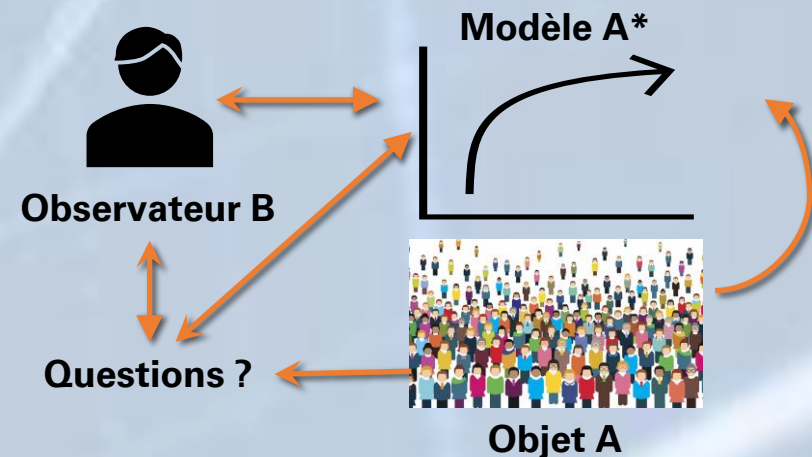
**Ses fonctions** pour faciliter :

- Une expérimentation, une théorisation,
- une présentation intelligible, une médiation

**Mais il n'est pas :**

- Indépendant de l'utilisateur ni d'une observation (miroir dans lequel se reflète l'observateur )

Et il peut devenir un autre réel à la place du réel ! Il peut nous tromper en tant qu'objet autonome.



# La modélisation et la simulation

« Il vaut mieux avoir à peu près raison que complètement tort », John Maynard Keynes

## La simulation (numérique)

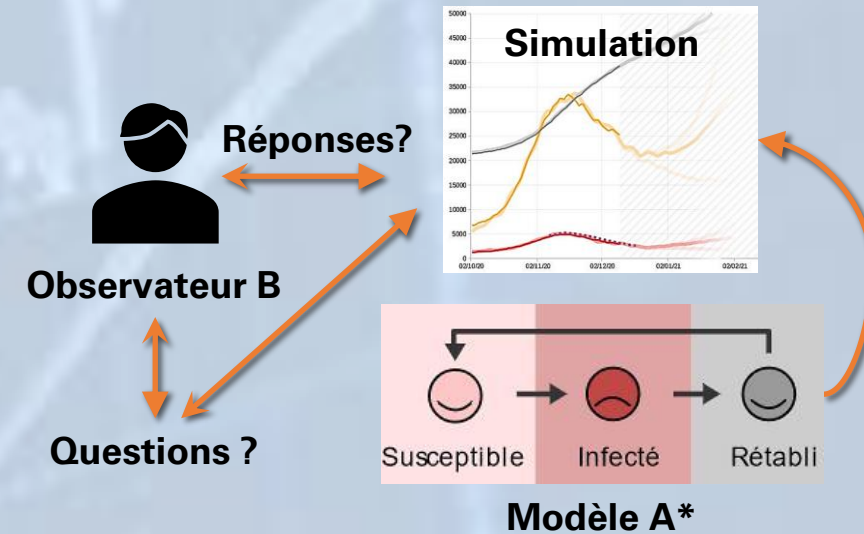
C'est une **fonction de résolution** du modèle par le moyen d'une imitation pas-à-pas (DT) de comportements dans le temps et dans l'espace . La simulation est bien l'instrument du modèle.

Au sens de **jean Baudrillard** (simulacre et simulation, 1981) la simulation est un objet signe et un simulacre, car un produit de calcul, une abstraction à base d'algorithme qui renforce la société du spectacle ! Mais la simulation accède à l'imaginaire en générant des hypothèses et des résultats improbables (le cygne noir de **N. Taleb**)

La simulation constate, valide, mais aussi projette et partant de là n'a pas pour but de répondre à la question : que va-t-il se passer, mais plutôt dans **quelle situation serons nous si telle hypothèse était vérifiée ?**

**La typologie** : l'analogique, le numérique. Le statique, la dynamique. L'aléa, le déterminisme.

Dans le numérique : 1) la simulation à partir de règles simulant un comportement local (à base d'agents) et cumulant les interactions de ces agents. 2) Une simulation pas-à-pas à base d'équations aux différences finies, stochastiques qui traite globalement la complexité



# Les crises

“Les hommes n'acceptent le changement que dans la nécessité et ils ne voient la nécessité que dans la crise.”  
Jean Monnet, économiste français

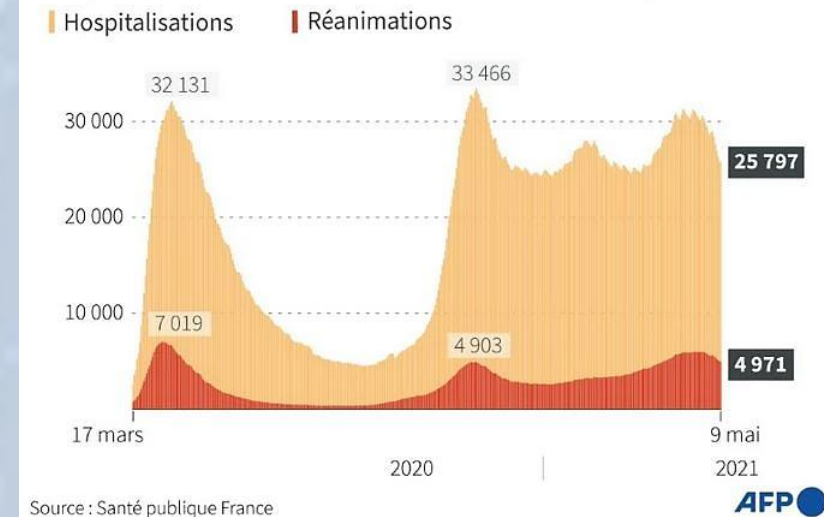
Pour qu'il y ait crise selon **François Giannocco**, directeur de l'institut des risques majeurs, il faut : 1) un **événement** déclencheur et cinétique (effet domino), comme les crises financières, les pandémies, inondation. 2) un **contexte porteur** (manque de préparation, d'anticipation, sensibilité des médias, etc.). 3) **processus de résonance**, d'amplification comme les rassemblements, les prises de position radicale, les traitements médiatiques, les réseaux sociaux, etc.

## Les phases d'une situation de crise :

- 1) l'événement initiateur a lieu et remplit les 3 conditions ci-dessus
- 2) La course à l'information tous azimuts se déroule et les médias se concentrent sur les faits/opinions ? Multiples interviews d'experts
- 3) Les hypothèses émergent et on explore les causes apparentes puis profondes. Recherche du ou des boucs émissaires (**voir René Girard**)
- 4) Ralentissement de la crise médiatique. On maîtrise le phénomène.



## Covid-19 : situation dans les hôpitaux



# La panique médiatique

“Les hommes n'acceptent le changement que dans la nécessité et ils ne voient la nécessité que dans la crise.”  
Jean Monnet, économiste français

## Les rumeurs et la désinformation : le socle de la panique médiatique

### Quels sont les facteurs qui y contribuent ?

- 1) Les **réseaux militants** se professionnalisent en matière de communication. Ils ont perçu l'intérêt des codes et des canaux de communication, de la liberté d'expression démocratique.
- 1) **les outils numériques** : avec un simple téléphone portable, on peut poster une variété de contenus sur des plateformes, des réseaux sociaux, etc.
- 2) **l'incompréhension de la nature du risque** notamment en matière de santé, du nucléaire engendre des angoisses. Cela renforce les intox, fausses rumeurs, etc.
- 3) La **dépendance** à l'égard des sources officielles, du professionnalisme des experts, qui par les contradictions, les incohérences apportées au traitement de la crise ne rassurent pas
- 4) Enfin on retient et on exagère plus les **aspects négatifs** que le positif (biais de négativité).



La simulation introduit le règne de **l'hyperréalité** avec une mise en scène médiatique où parfois le « film catastrophe » précède l'événement et le surenchérit (on simule une 4<sup>e</sup> vague qui crée une angoisse!)



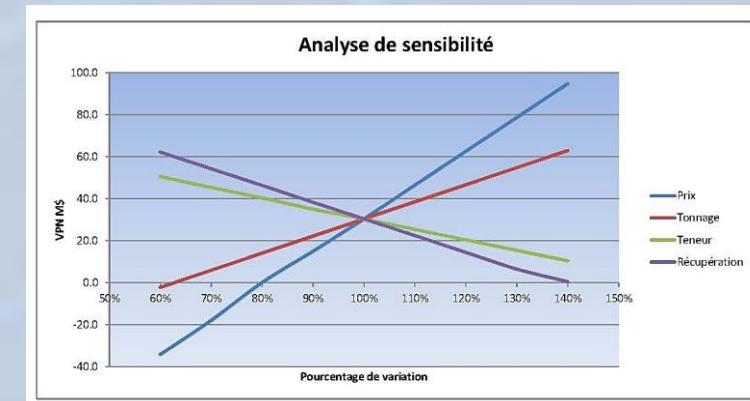
# Les experts de la simulation entrent en scène, mais aussi avec eux de mauvaises interprétations par le public

Les professeurs en médecine sont maintenant accompagnés par les **experts en modélisation** qui portent aussi la parole, et contribuent ainsi à mobiliser l'espace public par les résultats de leur simulation.

Aujourd'hui les modélisateurs sont plus que jamais en première ligne et les techniques se sont affinées. Ce ne sont pas des médecins cliniciens, des infectiologues, mais des **mathématiciens, statisticiens** dans des bureaux qui manipulent des fonctions exponentielles, des échelles logarithmiques ou des paramètres comme le désormais fameux  $R_0$  qui désignent le taux de reproduction de base du virus. Cependant, eux aussi ont vu leurs rangs se diviser entre **alarmistes et « rassuristes »** !

Il y a des **biais**, plus exactement des **incertitudes** dans les calculs. En ces temps d'inquiétude, de bruits de couloir, le public cherche à s'informer sur les modèles et les résultats de simulation.

Il est essentiel de prendre en compte la **sensibilité des paramètres** des modèles (analyse de robustesse). De même, il faut prêter attention aux **intervalles de confiance** et ne pas se concentrer uniquement sur la médiane. »



# Les experts de la simulation entrent en scène, mais aussi avec eux de mauvaises interprétations par le public

---

Il y a d'autres **biais** dans les interprétations. Par exemple, le **taux de mortalité** qui est le nombre de morts rapporté à l'ensemble d'une population n'est pas le **taux de létalité** qui est le nombre de morts rapporté au nombre de personnes infectées (on ne connaît pas bien le nombre de personnes réellement infectées).

La mauvaise utilisation de la **corrélation** est une erreur classique. Par exemple on a dit que les fumeurs sont moins atteints par le coronavirus que les non-fumeurs. Les symptômes qu'ils développent lorsqu'ils sont touchés ont l'air d'être moins graves que la moyenne des autres? C'est une corrélation, non pas une causalité. **Coluche** disait : "n'aller jamais à l'hôpital on y meurt dix fois plus que chez soi". On entend dire il a été vacciné et un mois plus tard, il est mort." Il s'agit d'une fausse corrélation relayée par les médias: lorsque deux événements semblent liés alors qu'ils ne le sont pas. Le point clé sera de savoir s'ils tombent malades à un taux plus élevé que la normale une fois qu'ils ont été vaccinés. Si une hausse anormale survenait, il faudrait arrêter la vaccination.

Il y a aussi les **biais d'ancrage (Daniel Kahneman 2002)** : si un individu reçoit de nouvelles informations qui démontrent que les données passées sont inexactes ou inadéquates avec une nouvelle situation, il garde en mémoire la première information reçue. Au début la pandémie est décrite comme une grippe. Cette métaphore rassurante a comblé, à court terme, une information défailante, parcellaire, ou trop complexe.

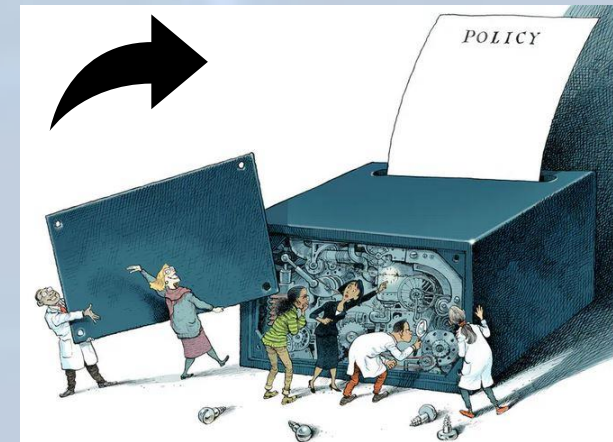
# La communication en tant de crises : le rôle des simulations

statistiques et modèles mathématiques : doit-on les laisser nous gouverner ?

Les gouvernements du monde entier ont pris l'habitude d'utiliser les modélisations à des  **fins politiques**, en négligeant les **incertitudes** qui les accompagnent. Certains modèles médiatisés par l'administration du Pdt **Trump** étaient complètement faux. Beaucoup d'épidémiologistes le savaient (**Nigel Goldenfeld**, modélisateur à l'Université de l'Illinois).

«Même le modèle le plus précis avec des données parfaites aura des incertitudes dans ses projections, de sorte que la prévision d'un pic ne peut être donnée de façon certaine» (**Susanna Manrubia**, épidémiologiste au Centre national de biotechnologie de Madrid).

Le modèle « **SIR** » (sain, infecté, rétabli) qui date de 1920 n'est peut-être pas approprié. Dans ce modèle, on fait l'impasse sur le fait qu'il existe des individus qui ont un grand nombre de **contacts** et d'autres qui en ont très peu : cette approche **bimodale** est passée sous silence dans l'approche « SIR » dans laquelle chacun a en **moyenne** le même nombre de relations. Cela a des impacts sociétaux importants : on peut par exemple confiner des régions vides sur la base de la moyenne nationale, or la connaissance de la structure des réseaux de relations est capitale pour le contrôle de la diffusion d'un virus. D'autres modèles basés sur la théorie des **graphes aléatoires** peuvent être plus pertinents (**modèle d'Erdős-Rényi**)



# La communication en tant de crises : le rôle des simulations

statistiques et modèles mathématiques : doit-on les laisser nous gouverner ?

**Le comportement humain est assez imprévisible.** Modéliser une pandémie, c'est aussi modéliser des conduites. Si on identifiait l'impact de la médiatisation sur les attitudes ou le rapport au risque qu'ont les individus selon **Mircea Sofonea**, modélisateur du laboratoire Mivegec, on pourrait ainsi inclure l'évolution des réactions humaines. **L'Institut Pasteur** a par exemple intégré dans l'un de ses modèles des données anonymisées issues des applications de navigation de **Google**. Celles-ci montrent que la première semaine de confinement local en Île-de-France s'est accompagnée d'une baisse de près de 15% **des demandes d'itinéraires** par rapport à la semaine qui précède.

Le chef de l'État **Emmanuel Macron**, se félicitant d'avoir déjoué la « flambée [anticipée] en février » a déclaré : « Nous avons eu raison de ne pas confiner la France à la fin du mois de janvier, parce qu'il n'y a pas eu l'explosion qui était prévue par tous les modèles »

Réponse de **Renaud Piarroux**, épidémiologiste à l'hôpital parisien de la Pitié-Salpêtrière : «Le fait de décrédibiliser notre parole et de nous présenter en adversaires politiques va encore complexifier la compréhension de l'épidémie par la population. Notre travail est là pour éclairer la situation, comprendre ce qui se passe, pour anticiper l'évolution de l'épidémie, pas pour participer au jeu politique. » On voit que ces oppositions reprises et amplifiées par les médias **déstabilisent** l'opinion publique.

Tous les modèles  
sont faux

$$0 < \mathbb{P}[T] < 1$$

Certains sont utiles  
 $\mathbb{P}[\text{Bayes}] \gg \mathbb{P}[\text{Fisher}]$

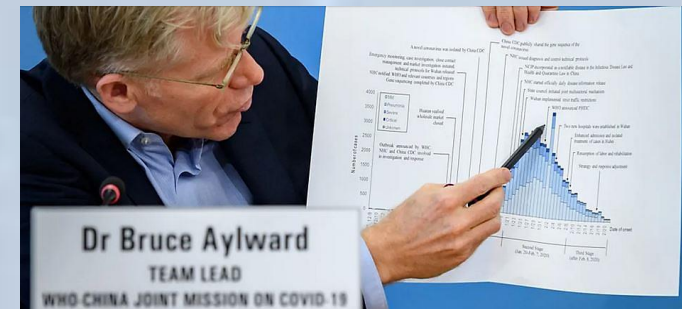
# De la pandémie de la peur à l'épidémie de la peur

statistiques et modèles mathématiques : doit-on les laisser nous gouverner ?

Les modèles épidémiologiques ne sont en rien des **boules de cristal**. Les simulations de propagation virale ont considérablement **influencé l'action publique**. Les enjeux de la modélisation sont en effet de taille puisqu'elle doit produire des prédictions non seulement fiables, mais contenant aussi des informations permettant de **développer une action publique**.

Ainsi les prévisions mathématiques alarmistes de l'épidémiologiste britannique **Neil Ferguson**, appelé exagérément « le maître du désastre », ont conduit de nombreux pays à se confiner (projection de 510 000 morts au Royaume-Uni et plus de 2,2 millions aux États-Unis !) et ont amené **Boris Johnson** à changer de stratégie et aussi celles d'autres chefs d'État.

Il faut distinguer la prévision immédiate (le **nowcasting**) et le **forecasting** (prédire l'avenir). La deuxième forme est à prendre avec des pincettes ! : Personne n'est mage ni gourou des prévisions. Les mathématiques ne permettent pas de prédire l'avenir. Elles permettent en revanche de simuler différents **scénarios sous différentes hypothèses**, qui peuvent être du domaine du plausible, voire même de l'improbable !



# De la pandémie de la peur à l'épidémie de la peur

statistiques et modèles mathématiques : doit-on les laisser nous gouverner ?

---

La fiabilité des prévisions est remise en question. Plus d'une trentaine de modèles ont été exploités pendant la crise sanitaire, donnant des prévisions souvent très différentes. **Pourquoi ?**

- 1) D'abord, il y a **l'imprécision des données** voir leur absence que l'on comble par des artifices statistiques.
- 2) Vient ensuite la question de la **sensibilité aux conditions initiales**. Dans une évolution de nature **exponentielle**, les simulations **amplifient** systématiquement les résultats à mesure que le temps passe . L'écart calculé ne fait que croître, et de plus en plus rapidement.
- 3) Le **périmètre** (clôture, fermeture) du modèle, c'est-à-dire quels sont les objets d'étude pris en considération dans le système (par exemple les réseaux sociaux, instrument de lutte contre la pandémie). On sait que la majorité des modèles n'ont pas modélisé les **motivations**, les **pulsions** humaines et d'une manière générale, les **comportements réactifs**. Par exemple si **l'appel à la peur** est très fort, alors les recommandations sont inefficaces pour une frange de la population. Cela provoque des stratégies de **défense** (évitement, minimisation, etc.). De même les modèles n'ont pas pris en compte la **décision humaine** des directeurs d'hôpitaux d'ouvrir des lits supplémentaires !



# De la pandémie de la peur à l'épidémie de la peur

statistiques et modèles mathématiques : doit-on les laisser nous gouverner ?

---

4) On se trompe sur la nature **épistémologique** du modèle : Les modèles prévisionnistes induisent en erreur un public, des médias non informés, puisque leurs résultats viennent conforter des **préconceptions** sans proposer d'éléments nouveaux.

Il faut distinguer la prévision immédiate (le **nowcasting**) du **forecasting** (prédire l'avenir). La deuxième forme est à prendre avec des pincettes ! : Personne n'est mage ni gourou des prévisions. Les équations mathématiques (l'aspect fonctionnel) ne permettent pas de prédire l'avenir. Elles permettent en revanche de **simuler différents scénarios sous différentes hypothèses**, qui peuvent être du domaine du plausible.

À mes yeux, le modèle a comme autre objectif de contribuer à l'intelligibilité en construisant de mondes, des états possibles évolutifs, au lieu de décrire des états ou situations existantes. Le modèle doit alors être alors plus **génératif** que descriptif et prévisionniste en faisant émerger des situations **impensables**, voire **improbables** (illustration du biais cognitif) !

Il y a toute une **éducation** à faire auprès des gouvernés, des gouvernants, des médias sur l'utilisation des modèles notamment en insistant sur la sur ou sous-interprétation des résultats, les hypothèses sous-jacentes retenues, c'est-à-dire l'implicite.



*« Beaucoup de choses sont improbables, seules quelques-unes sont impossibles »*

Elon Musk

# Les décisions prises par les politiques

La quantification produit des outils de preuve, lesquels peuvent servir d'outils de gouvernement,, mais aussi de résistance

---

En mettant en relief le chiffre des morts, les projections simulées, les gouvernants et de nombreux éditorialistes ont joué sur les **émotions et sensibilités des populations**. Ils ont rendu **vaine toute discussion** quant à l'arbitrage sécurité/liberté et à la légitimité des dispositifs instaurant notamment un état de confinement et de guerre ! On privilégie les simulations qui confortent les décisions (le «**cherry-picking**»).

Sur le plan **décisionnel** de la pandémie quels étaient les choix politiques à prendre ? : **Soit la technodictature chinoise ou la démocratie libérale occidentale ?**

**L'autoritarisme chinois**, qui perdure, a maîtrisé la pandémie en exploitant un réseau très dense de **surveillance des populations** (utilisant par exemple des drones pour contrôler la température des gens à distance). Mais un rebond de l'épidémie reste possible, car **l'injonction n'est pas l'autodiscipline !**

À l'opposé, **la France** a voulu tout miser sur la **responsabilité individuelle** des citoyens incités à respecter les mesures de distanciation, éviter les contacts, améliorer leur hygiène et contraindre leurs déplacements.

La question que l'on peut se poser pour les pays démocratiques impactés par cette pandémie sanitaire est la suivante : **à LT, ne va-t-on pas assister à une transition de l'État-providence en un état surveillance et ainsi subjuguier les existences humaines ?**





# Une future question de recherche : quelles relations entre savoirs pouvoirs et opinions ?

**Le conseil scientifique** a tenu la scène tout au long de la crise sanitaire.

**Ses trois rôles :**

- 1) **Diffuser le savoir** en unifiant et en donnant du sens à la parole scientifique.
- 2) **Garantir la bonne exécution du pouvoir** en permettant à l'exécutif de maîtriser les questions adressées aux scientifiques par les médias, l'opinion et ainsi lui permettre de prendre appui pour décider et communiquer.
- 3) **Réguler les opinions** en évitant la cacophonie et en atténuant les fausses rumeurs.

Ces rôles ont-ils été pertinents dans la gestion quotidienne de la pandémie ?  
Par ailleurs, ce dispositif **centralisé** n'a-t-il pas réactivé la figure classique verticale des **conseillers du prince** ? Ne peut-on pas qualifier ce système politique de gouvernement des experts ?

Covid-19 : le Conseil scientifique est favorable à un pass sanitaire «**de manière temporaire et exceptionnelle**»



# Une future question de recherche : quelles relations entre savoirs pouvoirs et opinions ?

---

Il y a des **enjeux de formation** à la fois pour les gouvernants, les médias, le grand public.

Pour ma part, enseignant, je crois que la formation à une vraie **démarche scientifique** parcourant toutes les disciplines scolaires ainsi que le développement du **sens critique** doit permettre à quiconque de pallier le déluge d'informations venant de sources très diverses, voire douteuses.

La polémique autour de la **chloroquine**, les contradictions sur les **projections simulées** de la pandémie ont jeté un doute sur la parole publique des scientifiques (il en est de même sur les prévisions climatiques à long terme).

Malheureusement les réseaux sociaux dénaturent le savoir et transforment les **faits en opinions et ragots**.

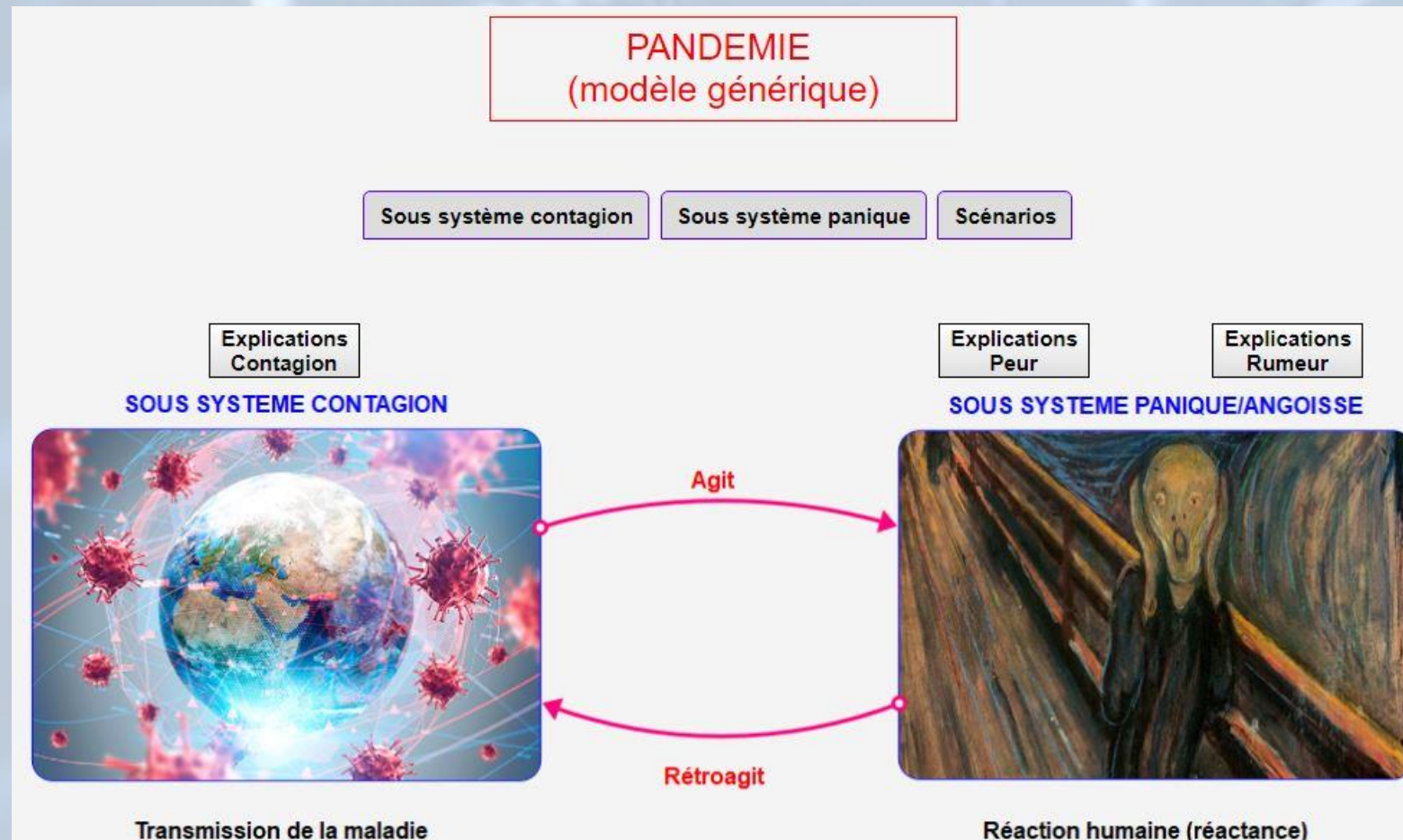
Pendant les temps de formation de mes étudiants, j'ai organisé des rencontres avec des décideurs du privé, du public et des chercheurs afin que ces mondes **comprennent leurs enjeux et leurs difficultés respectives**. Dans ce contexte local, on se trouve bien dans une approche **participative citoyenne**. Mais à l'échelon national, Il s'agit d'une **décision politique concernant bien l'éducation nationale**.

La démarche scientifique consiste à tester les hypothèses pour démontrer si elles sont fausses ou non et à conserver uniquement celles qui sont cohérentes avec toutes les observations et les expériences.

# Démonstration selon la répartition du temps de cette présentation

La simulation n'est rien d'autre qu'une **idéalisation** mathématique et une sélection d'informations

## ▶ Le lien internet du modèle



**“Rêver, c’est informer l’avenir.”**

Gérald Neveu (poète Français)

---



**Merci pour votre attention...**

# Éléments de bibliographie

---

- Berger Loïc, Berger Berger, Bosetti Valentina, Itzhak Gilboa Itzhak, Hansen Lars Peter, Rational policymaking during a pandemic, PNAS ( Proceedings of the National Academy of Sciences), January 26, 2021, 118
- Carayol Valérie, Gramaccia Gino, « Modèles et modélisations, pour quels usages », Communication et organisation, 30 | 2006, 7-10.
- Cuménil Didier, Dynamique des systèmes complexes - Concepts et méthodologie, Techniques de l'Ingénieur, TI réf. : AG1565 V2, 2017
- Fressoz Jean-Baptiste, l'apocalypse joyeuse, une histoire du risque technologique, édition du seuil points, 2012 et 2020
- Jebeil Julie, épistémologie des modèles et des simulations numériques : de la représentation à la compréhension scientifique, CNRS éditions, 2021
- Lobry Claude, qu'est-ce que le pic d'une épidémie et comment le contrôler, Cassini, 2021
- Riocreux Ingrid, les marchands de nouvelles, essai sur les pulsions totalitaires des médias, l'Artilleur, 2018
- Rouchier Juliette, Barbet Victorien, la diffusion de la Covid-19, que peuvent les modèles, Editions Matériologiques, 2020
- Vynnycry Emilia and White Richard G., infectious disease modeling, Oxford, 2011

Autres liens vers certains modèles climatiques de Didier Cuménil :

Climat : <https://exchange.iseesystems.com/public/didier13/identite-de-kaya/index.html#page1>

<https://exchange.iseesystems.com/public/didier13/global-climate-dynamic-system/index.html#page1>