

## Simuler la réaction humaine en cas de désastre.

Tremblement de terre, éruption volcanique et inondation sont des désastres qui surviennent sans prévention précoce, d'où la nécessité d'une réponse rapide et efficace capable de faire face aux conséquences susceptibles de menacer non seulement la vie des individus, mais bien aussi la valeur économique d'une société.

Cette simulation vise à appréhender le comportement humain en situation de catastrophe à travers une étude stochastique de la panique, cela permet d'aider par la suite les services civils à établir un plan d'évacuation optimale.

### Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*
- *MATHEMATIQUES (Analyse)*

### Mots-clés (ÉTAPE 1) :

#### Mots-clés (en français)

*comportement humain individuel et collectif*  
*Risque naturel*  
*Plan d'évacuation*  
*modélisation mathématique*  
*Effets de domino*

#### Mots-clés (en anglais)

*individual and collective human behaviour*  
*Natural risk*  
*evacuation plan*  
*mathematical modelling*  
*Domino effects*

### Bibliographie commentée

Avec la croissance démographique exponentielle, un grand nombre de domaines ont recours à l'observation des réactions humaines afin de prédire le comportement d'un groupe d'individus. Ce ressort propre à la philosophie et la sociologie, s'est émancipé depuis le XXème siècle grâce à la neuropsychologie vers l'économie et l'éducation. En effet, l'étude du marché de consommation s'appuie généralement sur les préférences personnelles du client, sa réaction face à un produit et notamment l'effet de son environnement sur ses décisions, cette influence est la conséquence d'une multitude d'interactions qu'on explicitera par « l'effet domino » [6]. Cependant, l'usage de ce type d'analyses dans le domaine des risques demeure moins appréciable vis-à-vis les méthodes préventives qui se basent sur la miséricorde du hasard et la capacité de l'homme à suivre aveuglément les plans d'évacuations. Ainsi, l'objectif de ce travail est de permettre l'harmonisation intuitive des instructions préventives aux potentiels réactions humaines.

Ces études sur le comportement humain en situation de catastrophe se focalisent dans la plupart des cas soient sur :

- L'observation du panel de réactions humaines susceptibles de se produire lors d'un événement particulier [3] à partir d'écrits historiques ou témoignages, cela constitue la partie majeure des travaux de l'UNESCO dans le cadre du programme MAB sur l'analyse et la comparaison des perceptions des événements naturels dans le monde.
- L'analyse de la redondance d'un comportement type [3], et la détermination de ses causes (Provitolo, 2005 ; Hagenauer et al., 2011).

Prouvé par le sociologue Enrico Quarantelli [7], l'être humain maintient rarement un seul comportement suite à une perturbation extérieure, mais on assiste selon M. Bunge [2], à une chaîne de réactions qui débute par des réactions instinctives (réflexe et panique), suivie de réactions raisonnées. Néanmoins, reproduire cette chaîne de réaction semble inaccessible à travers une démarche empirique (Dauphiné, Provitolo, 2013) capable d'immerger totalement un ensemble de personnes dans les conditions réelles d'une catastrophe. Ainsi, l'expérience numérique s'impose comme outil d'observation directe de la complexité des potentiels scénarios (effet domino) (de Rosnay, 1995). Cette méthodologie *in silico* se base sur la représentation mathématique (modèle SIR) effectué par Damienne Provitolo [1,5] à partir de la quantification comportementale de Louis Crocq [4].

En effet, E.L. Quarantelli approuve que le comportement humain dépend de deux causalités ; l'environnement (social, temporel, spatial) et la personne (sa culture, ses capacités physiques et ses expériences antérieures). Néanmoins, pour ancrer notre modèle dans un contexte global, on amorce notre démarche en omettant les facteurs spécifiques à une certaine zone (zone spatiale, éducation, culture, revenu ...), et en ne conservant que la chronologie (relatif à l'environnement) de l'événement et le type de comportement propre à chaque individu. Cette typologie rend notre modélisation adaptée à tout type de catastrophe évoluant dans le temps (sécheresse, tsunami).

Tout d'abord, on identifie la panoplie de comportement pouvant subvenir lors d'un désastre, et qui sont en rupture avec nos habitudes quotidiennes, ils peuvent être isolés ou collectifs, et change selon le type d'aléa, ils peuvent varier ainsi, de la lutte instinctive vers la fuite réfléchie. On quantifiera ces réactions en trois catégories : réflexes, panique, intelligentes. Puis on établira des équations différentielles qui régissent la relation de ces trois paramètres entre eux. On retrouve là les relations de contagion émotionnelle entre individus où s'ajoute l'effet de la panique (ou effet domino qui traduit la succession de changement comportementale chez un individu à partir d'une perturbation initial). Ensuite, on dénombrera les individus ayant retrouvés leur comportement normal (équivalent aux gens rétablis dans le modèle SIR).

Il reste enfin à tester le modèle final dans diverses situations en changeant le paramètre de l'effet "domino", et de proposer un exemple d'amélioration des mesures de sécurité à partir de

notre étude.

## Problématique retenue

Quelles sont les lois essentielles qui représentent le comportement que peut manifester un groupe d'individus en situation de désastre ? Comment développer un algorithme qui optimise la prise de décision des individus en situation de détresse en comparaison avec les plans d'évacuations classiques ?

## Objectifs du TIPE du candidat

- Identifier les différents comportements humains lors d'une catastrophe.
- La modélisation mathématique du comportement humain.
- Concevoir un algorithme de gestion des désastres basé sur l'optimisation de la prise de décision.

## Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] D. PROVITOLO , E. DUBOS-PAILLARD , J. MÜLLER : emergent human behaviour during a disaster: thematic versus complex systems approaches : [https://agritrop.cirad.fr/561127/1/document\\_561127.pdf](https://agritrop.cirad.fr/561127/1/document_561127.pdf)
- [2] M. BUNGE : Emergence and the mind : *Neuroscience 2*, pp. 501-509, 1977
- [3] A. DAUPHINE : Risques et catastrophes : observer, spatialiser, comprendre, gérer : *Armand Colin, Paris, 2003*
- [4] CROCQ L : 1994, « La psychologie des catastrophes et des blessés psychiques », in Noto R., Huguenard P. et Larcen A. (eds.), : *Médecine de catastrophe, Paris, Masson, 580 p*
- [5] H. RODRIGUEZ , E.L. QUARANTELLI , R. R. DYNES : Handbook of disaster research : *Springer, New York, 2006*
- [6] D. PROVITOLO : Un exemple d'effets de dominos : la panique dans les catastrophes urbaines : <https://journals.openedition.org/cybergeogeo/2991>
- [7] E.L. QUARANTELLI : Emergent behaviour at the emergency time periods of disasters, Final Report 31 : *DisasterResearch Center, University of Delaware, 1984*

## DOT

- [1] : Juin 2022 : recherche d'un sujet en relation avec la sécurité civile.
- [2] : Aout 2022 : recherche sur le mouvement de la foule en cas d'incendie.
- [3] : Septembre 2022 : choix du sujet TIPE : étude du comportement humain en cas de désastre pour aboutir à un schéma d'évacuation efficace.
- [4] : Octobre 2022 : rencontre avec les services de sécurité de mon établissement pour se renseigner sur les procédures d'évacuation en cas d'incendie.

**[5]** : *Novembre-Décembre 2022 : classification du comportement humain dans les zones de désastre.*

**[6]** : *Janvier 2023 : modélisation mathématique du comportement humain par un modèle SIR.*

**[7]** : *Février 2023 : réalisation d'une série d'applications du modèle (incendie, séisme, crises financières...), et réponse a la problématique.*

**[8]** : *Mars 2023 : Rédaction de la présentation.*