

## Étude de l'optimisation de la décongestion d'une foule.

Après avoir vécu différentes situations d'évacuation, j'ai voulu étudier quel serait le meilleur moyen de vider le plus rapidement possible une salle contenant une foule. Pour ce faire, il est intéressant d'étudier quelle est la meilleure géométrie de la salle ou encore la meilleure attitude à adopter par ses occupants afin d'optimiser une évacuation.

Suite à cela, avec un camarade travaillant sur la propagation d'un feu de forêt, nous avons décidé de travailler ensemble pour élaborer une simulation informatique et mettre en commun nos stratégies.

### Professeur encadrant du candidat :

Mr. DUPRÉ Frédéric

### Positionnement thématique :

Mathématiques (modélisation), Informatique (simulation), Physique (écoulement granulaire).

### Mots-clés :

Français	Anglais
Modélisation d'une foule	Modelization of a crowd
Decongestion	Decongestion
Comportement en situation de stress	Behavior in stressful situations
Configuration d'une pièce	Configuration of a room
Simulation lors d'un feu	Fire situation modelization

### Bibliographie commenté :

Constatant l'importance d'une évacuation rapide lors d'événements impliquant d'importants rassemblements de population, par exemple au moment des cérémonies religieuses ou encore des manifestations culturelles, il semble sensé d'établir quelle serait la meilleure stratégie à adopter pour minimiser le nombre de victimes. Le comportement d'une foule fait l'objet d'études de nombreux scientifiques comme B. Maury, M. Moussaïd ou encore I. Zuriguel pour citer les plus importants. Ce domaine est en plein essor comme nous le prouve le financement de 2020 à

hauteur de 3 millions d'euros du projet de recherche *CrowdDNA* consistant à interpréter et prédire le comportement des foules.[1][2]

L'étude du comportement des foules est capitale en domaine de sécurité, il s'agit d'une branche du domaine de l'éthologie qui consiste à quantifier les mouvements d'animaux et d'êtres humains dans leur milieu naturel. Nous restreindrons notre étude à l'exploration des mécanismes de l'organisation collective d'une foule de piétons en déplacement. Cependant, nous pouvons tirer un enseignement des résultats concernant les animaux : par exemple, il existe d'importantes similitudes entre le comportement d'évacuation des fourmis et des humains.[3]

Comme nous pouvons l'imaginer de nombreux facteurs influencent la vitesse d'évacuation d'une foule, comme les interactions physiques, sociales ou encore la réaction globale de la foule face au danger. Néanmoins, les études de Fatima Al Reda nous prouvent que l'on peut jouer sur ces facteurs : par exemple, l'implantation d'un obstacle face à la porte nous permet d'augmenter la fluidité du mouvement, une attitude trop (resp. peu) nerveuse ralentit l'évacuation (effet "faster is slower" (resp. effet "stop and go") ). [3][4][5].

Ainsi, une bonne manipulation de ces facteurs permettrait d'optimiser la vitesse de sortie. Développer un modèle de mouvement de foule capable de simuler l'évacuation d'un lieu public de forte affluence devient utile, voire nécessaire. De nombreux modèles mathématiques ont été établis pour modéliser le mouvement d'une foule, certains se placent au niveau macroscopique (équations régissant le mouvement de chaque individu prenant en compte les interactions sociales et physiques), d'autres au niveau microscopique (chaque personne est modélisée indépendamment et la dynamique globale est le résultat de l'évolution de chaque individu).[6][7]

Ces modélisations constituent alors un moyen de simuler numériquement l'évolution d'une foule au sein d'une pièce et ainsi de faire varier différents paramètres influençant l'évacuation. Dans la documentation que nous avons utilisée, l'aspect d'optimisation est peu abordé, l'idée est alors de retrouver les phénomènes relevés lors des observations afin de valider notre modèle numérique puis de modifier différents facteurs afin d'observer leurs influences sur l'évacuation.

### **Problématique retenue :**

De nombreux facteurs influencent la rapidité de l'évacuation d'une foule, il est nécessaire de comprendre leurs fonctionnements. L'objectif ici est d'établir une modélisation satisfaisante et une résolution partielle du problème d'optimisation de l'évacuation. Nous mettrons en application nos résultats afin de vérifier leur véracité.

### **Objectif du TIPE :**

Mon objectif est d'étudier l'influence de l'attitude de la foule ainsi que la géométrie de la salle sur la rapidité de l'évacuation d'une foule.

La première étape consiste à établir un modèle mathématique convenable, pour cela je vais étudier un modèle macroscopique puis un microscopique pour déterminer lequel convient le mieux pour réaliser nos simulations. Suite à cela, nous étudierons l'influence de l'attitude de la foule et de la disposition de la salle, puis nous répondrons partiellement à la question d'optimisation. Pour finir nous évaluerons la justesse de nos résultats grâce à de multiples expériences sur des fourmis.

### **Références bibliographiques :**

[1] : Article Inria: *Prédire les mouvements de foule meurtriers*. Publié le 2 Mars 2021.

[2] : Article du CNRS: *Modélisation des mouvements de foules*. Par Bertrand Maury publié le 16 Janvier 2011

[3] : Conor Myhrvold : *Want to get out alive ? Follow the ants*. Article du <https://nautil.us/> le 8 mai 2014.

[4] : Dirk Helbing: How simple rules determine pedestrian behavior and crowd distance : National academy of sciences, 26 avril 2011.

[5] : Fatima El Reda. Crowd motion modélisation under some constraints. Analysis of PDES [math.AP]. Université Paris-Saclay, 2017. English. NNT : 2017SACLS235ff. tel-01617859f

[6] : Aude Roudneff. Modélisation macroscopique de mouvements de foule. Mathématiques générales [math.GM]. Université Paris Sud - Paris XI, 2011. Français. NNT : 2011PA112304. tel-00678596f

[7] : Juliette Venel. Modélisation mathématique et numérique de mouvements de foule. Mathématiques [math]. Université Paris Sud - Paris XI, 2008. Français. tel-00346035f

### **DOT :**

[1] : Octobre : Étude documentaire afin de s'imprégner des enjeux et pour choisir quels modèles mathématiques de foule adopter pour les simulations.

[2] : Novembre, Décembre : Tentative non concluante de simulation d'évacuation à l'aide d'un modèle continu.

[3] : Janvier, Février : Conception et création du code permettant de simuler nos expériences au moyen d'un modèle discret.

[4] : Mars : Discussion avec un camarade travaillant sur la propagation d'un feu de forêt, jonction de nos modélisations discrètes afin d'obtenir des expériences permettant de mesurer plus que le temps d'évacuation, i.e optimisation de la sécurité.

[5] : Début Avril : Réalisation de diverses simulation afin d'obtenir des résultats exploitable pour répondre à la problématique.

[6]: Mai : Réalisation d'expérience afin d'évaluer la justesse des résultats obtenus grâce aux simulations.

[7] : Fin-Mai, Juin : Mise en cohérence de l'étude