

## Modélisation du mouvement des foules de piétons

Lors de ma recherche d'un sujet TIPE, j'ai trouvé un article portant sur une bousculade qui a causé la mort de 362 personnes à La Mecque en 2006. Cela a motivé ma recherche dans le but de comprendre comment les gens se réagissent dans une telle situation de panique.

La modélisation du mouvement de la foule permet de prédire les réactions des piétons lors d'une situation de panique, ce qui aide à améliorer les mesures de sécurité dans les futurs cas d'urgence et donc permet la prévention de la mort des individus en évitant les situations d'écrasement mortelles.

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*PHYSIQUE (Mécanique du point), INFORMATIQUE (Informatique pratique),  
MATHEMATIQUES(Mathématiques Appliquées).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

<b>Mots-Clés</b> (en français)	<b>Mots-Clés</b> (en anglais)
Catastrophes des foules	Crowd disasters
Comportement collectif	Collective behaviour
<i>Interaction sociale</i>	<i>Social interaction</i>
Situation de panique	Panic situation
<i>Evacuation d'urgence</i>	<i>Emergency evacuation</i>

### Bibliographie commentée

La modélisation des mouvements des foules est au centre de nombreux travaux depuis quelques décennies, et connaît aujourd'hui un regain d'intérêt certain. En effet, les études de sécurité lors de la construction de bâtiments ou de l'organisation d'événements font de plus en plus appel à des modèles théoriques pour évaluer les risques en cas d'évacuation. Ces modèles permettent d'estimer par exemple les temps de sortie moyens ainsi que les zones les plus embouteillées, et peuvent servir à modifier certains éléments (emplacement des piliers, largeur des portes, emplacement de panneaux indicateurs, ...) afin de faciliter une éventuelle évacuation. En fait, lors d'une situation d'urgence, les individus paniquent, et commencent à pousser les autres. Des zones de fortes pressions apparaissent, dans lesquelles des personnes peuvent être parfois gravement blessées. La modélisation des foules peut être représentée selon 2 approches différentes : des modèles dits 'macroscopique' et d'autres modèles dits 'microscopiques'. L'approche 'macroscopique' consiste à agréger les mouvements des piétons et à s'intéresser à des flux de déplacement, à une foule de piétons. Ces mouvements peuvent être décrits par des équations analogues à celles de la mécanique des fluides [7]. Si on se base sur les observations de la foule qui stipulent que les personnes se déplacent majoritairement en petites unités, ce type de modèles n'est plus adapté à la foule. Par contre, ils peuvent être utiles lorsque les foules sont denses et que l'on s'intéresse aux mouvements d'ensemble de la foule. Les autres inconvénients des modèles macroscopiques sont que les caractéristiques de chaque piéton ne peuvent pas être prises en compte, comme la position du piéton, la direction de son mouvement et ses caractéristiques physiques. Dans les modèles 'microscopiques', le

mouvement de chaque individu est représenté dans le temps et l'espace. Chaque individu est modélisé indépendamment, et la dynamique globale est le résultat de l'évolution de chaque individu. C'est pourquoi que j'ai choisi de travailler sur un modèle 'microscopique'. Une façon peu coûteuse de modéliser cette évolution consiste à représenter l'espace comme une grille, dont chacune des cases est soit vide, soit occupée par une personne [2]. C'est la méthode la plus employée par les logiciels de simulations d'évacuations, qui utilisent pour la plupart des automates cellulaires ou des graphes. Une autre méthode très répandue consiste à introduire des forces sociales entre individus, qui rendent compte du comportement des piétons développé principalement par Venel [6]. Ces forces font intervenir en particulier des termes de répulsion lorsque deux personnes se rapprochent trop, permettant ainsi d'éviter les collisions. Le modèle peut être enrichi afin de modéliser de nombreuses situations, comme par exemple le fait que les personnes évitent les zones les plus encombrées. J'ai donc choisi de travailler sur ce modèle des forces sociales développé principalement par Dirk Helbing [3] [4] [5], car il traite le comportement de chaque piéton individuellement et décrit au mieux les interactions des individus avec leurs voisins et avec l'espace d'étude. C'est un modèle 2D discret qui s'inspire de la physique newtonienne, et introduit les forces suivantes : Une force motrice d'accélération qui permet aux piétons de se déplacer vers leurs destinations souhaitées et une force de contact inspiré d'une approche granulaire qui prend en compte les interactions piétons-piétons et piéton-obstacle

## **Problématique retenue**

Comment modéliser une foule ? Quelles sont les lois essentielles qui gèrent le mouvement des individus au sein d'une situation de panique ? Comment établir une modélisation satisfaisante des comportements des foules qui permet l'obtention des résultats semblables à ceux observés dans la vie réelle.

## **Objectifs du TIPE**

- Proposer une modélisation 2D discrète du mouvement de la foule respectant le caractère individuel de chaque piéton et les interactions entre les piétons et ceux entre piétons et obstacles.
- Appliquer le modèle élaboré aux situations de panique afin de développer un programme qui modélise le comportement des piétons dans les situations d'évacuation d'urgence.

## **Références bibliographiques (ETAPE 1)**

**[1]** Philippe Pecol : Modélisation 2D discrète du mouvement des piétons : application à l'évacuation des structures du génie civil et à l'interaction foule-passerelle : <https://tel.archives-ouvertes.fr/pastel-00674774/>

**[2]** Mehdi Moussaïd : Étude expérimentale et modélisation des déplacements collectifs de piétons : <https://scanr.enseignementsup-recherche.gouv.fr/publication/these2010TOU30241>

**[3]** Dirk Helbing, , Illes J. Farkas, Peter Molar , and Tamas Vicsek : Simulation of pedestrian crowds in normal and evacuation situations : [https://www.researchgate.net/publication/224010870\\_Simulation\\_of\\_pedestrian\\_crowds\\_in\\_normal\\_and\\_evacuation\\_situations](https://www.researchgate.net/publication/224010870_Simulation_of_pedestrian_crowds_in_normal_and_evacuation_situations)

**[4]** Bachar Kabalan : Dynamique des foules : modélisation du mouvement des piétons et forces associées engendrées : <https://www.theses.fr/2016PESC1126.pdf>

**[5]** Moufida Benchabane : Une nouvelle approche de modélisation des structures de groupe d'une

foule des piétons : <http://thesis.univ-biskra.dz/855/>

**[6]** Juliette Venel : Modélisation mathématique des mouvements de foule :

<http://thesesups.ups-tlse.fr/1118/>

**[7]** Aude Roudnef : Modélisation macroscopique de mouvements de foule :

<https://www.yumpu.com/fr/document/read/16906871/modelisation-de-mouvements-de-foule>

## **DOT**

**[1]** *Juillet 2021 : Choix du premier sujet qui traite la génération de l'oxygène à partir de la séparation des molécules O<sub>2</sub> dans l'air.*

**[2]** *Août 2021 : contact d'une entreprise de production de l'oxygène en se basant sur le principe traité.*

**[3]** *Octobre 2021 : Annulation du premier choix à cause de la domination de la chimie sur le sujet.*

**[4]** *Novembre 2021 : Choix du sujet actuel qui s'ancre dans la partie prévention du thème.*

**[5]** *Décembre 2021 : Comparaison entre les modèles existants pour illustrer le mouvement des piétons et choix du modèle le plus convenable (modèle des forces sociales)*

**[6]** *Janvier 2022 : Début de la construction du code python qui à pour but de faire une simulation de l'évacuation d'une salle.*

**[7]** *Mars 2022 : Amélioration du code python en introduisant la force de appliquée par le mur au voisinage de la porte sur les piétons, et en introduisant une fonction bijection entre l'intervalle des masses aléatoires des piétons et leurs rayons convenables.*

**[8]** *Avril-Mai 2022 : Élaboration de la version finale du code python, application du modèle établi, et réalisation des versions finales des simulations.*