

Étude des mouvements de foule par modélisations physique et informatique

L'analogie entre les mondes microscopique et macroscopique pour décrire les foules est à la fois surprenante et intéressante. Nous allons donc utiliser plusieurs modèles pour représenter au mieux le mouvement des foules.

La gestion des foules est une des clés de la sécurité en ville. En effet, de trop grandes densités de foule peuvent entraîner des accidents parfois mortels: asphyxie, piétinement... Il semble alors nécessaire de fluidifier les déplacements afin d'éviter de telles situations, et garder les foules en sécurité

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- BOUAZAoui Asmae

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Mécanique), PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Foule</i>	<i>Crowd</i>
<i>Modélisation</i>	<i>Modelling</i>
<i>Écoulement</i>	<i>Flow</i>
<i>Mécanique des fluide</i>	<i>Fluid mechanics</i>
<i>Résolution numérique</i>	<i>Numerical method</i>

Bibliographie commentée

Le 12 janvier 2006, à La Mecque, 345 pèlerins perdirent la vie dans un mouvement de foule impliquant plusieurs millions de personnes. Afin d'éviter de tels accidents, la modélisation des foules devient nécessaire. Dès 1995, Dirk Helbing développe le modèle des « forces sociales » [1], représentant les individus par des particules dans un gaz, animées d'une « motivation à agir », et prenant des décisions en fonction de leur environnement proche. Le piéton va en effet s'orienter vers la zone libre qu'il voit et qui le rapproche le plus de son objectif [2]. Néanmoins, cette méthode reste très approximative de par la difficulté de modéliser une telle « motivation ».

Un autre modèle est celui de particules soumises à la mécanique Newtonienne [3], et est lui-même divisible en plusieurs modèles, selon la densité de foule: si celle-ci est faible, on peut considérer la foule comme un gaz [4] et lui appliquer la statistique de Boltzmann. S'il est plus simple que celui de

Dirk Helbing, ce modèle ne permet pourtant pas de décrire des phénomènes psychologiques inhérents aux foules [5] : culture, politesse, choix [6]... Cependant, ces phénomènes disparaissent pour de hautes densités de foule, et on peut alors considérer les individus comme des particules d'un liquide.

En raison du grand nombre d'applications de la gestion des foules, nous avons décidé d'étudier exclusivement l'évacuation des occupants d'une pièce rectangulaire par une porte, en sélectionnant deux critères: ne pas dépasser trois personnes par mètre carré, seuil au delà duquel un mouvement dégénère en bousculade [2], et éviter la formation d'arches à la porte, une telle arche pouvant conduire à la création d'une pression suffisante pour déformer une barrière de métal [7].

Ces modélisations simplificatrices sont cependant assez éloignées de la réalité, puisque les phénomènes psychologiques restent à prendre en compte [1]. Nous effectuerons donc une simulation informatique par Python de l'évacuation. Nous animerons alors le mouvement des objets selon un système décentralisé [8] en utilisant la méthode utilisée par Constantin Théos [5], c'est-à-dire en représentant l'environnement proche du piéton par un rectangle, et en limitant la prise d'informations du piéton à ce rectangle. Quant aux interactions entre objets, nous reprendrons le modèle de la foule assimilée à un gaz.

Problématique retenue

Les mouvements de foule sont une source de risque et les prévoir est une nécessité afin de prévenir tout danger. Nous procéderons donc à une modélisation physique du phénomène, assistée d'une modélisation informatique, pour trouver une manière de fluidifier ces mouvements.

Objectifs du TIPE

- 1) Validation du modèle : Vérification de la cohérence d'un modèle particulière.
- 2) Exploitation du modèle : Utilisation de ce modèle pour déterminer des méthodes de fluidification du mouvement.
- 3) Modélisation informatique : Simulation d'un mouvement de foule à l'aide d'un programme informatique (Python), afin de valider les résultats précédents.

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] HELBING MOLNAR : Social force model for pedestrian dynamics :
http://www.cs.uu.nl/docs/vakken/mcrws/papers_new/Helbing_Molnar%20-%201995%20-%20Social%20force%20model%20for%20pedestrian%20dynamics.pdf
- [2] LES ÉCHOS : Un nouveau modèle de simulation de foules :
<https://www.lesechos.fr/2011/06/un-nouveau-modele-de-simulation-de-foules-394911>
- [3] La foule en équations : *Pour la science* n°509 p.32-39 – juillet 2009
- [4] HENDERSON L.F. : The statistics of crowd fluids :
<https://www.readcube.com/articles/10.1038%2F229381a0>

- [5] THÉOS CONSTANTIN : Modélisation du mouvement des personnes lors de l'évacuation d'un bâtiment à la suite d'un sinistre : https://pastel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/523176/filename/1994TH_THEOS_C_NS20040.pdf
- [6] MEHDI MOUSSAÏD : <http://www.mehdimoussaid.com/prix-le-monde/>
- [7] DIRK HELBING, ILLÉS FARKAS, TAMÁS VICSEK : Simulating dynamical features of escape panic : <https://www.nature.com/articles/35035023>
- [8] MEHDI MOUSSAÏD : Étude expérimentale et modélisation des déplacements collectifs de piétons : <http://mehdimoussaid.com/TheseMoussaid.pdf>

DOT

- [1] *Recherche de modèles physiques et début de la préparation de la modélisation informatique*
- [2] *Etude des densités de foule avec un modèle hydraulique, en considérant la foule comme un ensemble*
- [3] *Abandon du modèle hydraulique et adoption d'un modèle particulière, centré sur l'individu et non plus sur la foule*
- [4] *Etude de l'influence de l'angle d'une pente sur la vitesse de roulement de billes, de manière à représenter au mieux les individus par des billes*
- [5] *Etude de l'influence d'obstacles sur l'écoulement de billes à travers une issue*
- [6] *Abandon de la modélisation informatique*