

Etude des mouvements de foule par modélisations physique et informatique

En effet, lorsqu'elle est très dense, la foule peut être assimilée à des particules. Cette analogie entre les phénomènes microscopiques et macroscopiques (sous certaines conditions) est mise en lumière par la foule, ce qui me fait particulièrement apprécier le sujet.

La sécurité en ville m'amène à m'intéresser au mouvement de la foule. En effet, le seuil critique évalué à 6 personnes/m² montre que la pression exercée peut causer de l'asphyxie. Il semble alors nécessaire de contrôler la vitesse de foule afin de limiter l'augmentation de sa densité en fluidifiant l'écoulement.

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

Liste des membres du groupe :

- LAPORTE Paul

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>Mouvement de Foule</i>	<i>Collective human behaviour</i>
<i>Mécanique des Fluides</i>	<i>Fluid Mechanics</i>
<i>Densité</i>	<i>Density</i>
<i>Modélisation</i>	<i>Modelling</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 de 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

Nous nous demanderons ainsi comment étudier expérimentalement une foule dense et quelle sont les mesures à prendre pour la sécuriser.

Objectifs du TIPE

L'analogie entre une foule et un système granulaire semble assez robuste, tant pour une approche macroscopique qu'une approche microscopique des foules. Dans un premier temps, je cherche à vérifier la relation entre la densité et la vitesse. Pour se faire, on se placera dans le cas d'un départ de marathon.

L'objectifs second du TIPE est de trouver et vérifier des méthodes permettant de fluidifier l'écoulement sous certaines conditions. Enfin, une simulation d'un mouvement de foule à l'aide d'un programme informatique python est à envisager. Le but est alors de valider ou bien de remettre en cause les résultats.

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] HELBING MOLNAR : Social force model for pedestrian dynamics : *Helbing_Molnar - 1995 - Social force model for pedestrian dynamics.pdf (uu.nl)*
- [2] LES ECHOS : Un nouveau modèle de simulation de foules : <https://www.lesechos.fr/2011/06/un-nouveau-modele-de-simulation-de-foules-394911>
- [3] MAURICE MASHAAL : 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 : *Modélisation du mouvement des personnes lors de l'évacuation d'un bâtiment à la suite d'un sinistre (archives-ouvertes.fr)*
- [6] LE MONDE : Prix Le Monde de la recherche : <http://www.mehdimoussaid.com/prix-le-monde/>
- [7] DIRK HELBING : Simulating dynamical features of escape panic : *Nature*
<https://www.nature.com/articles/35035023>
- [8] MOUSSAÏD MEHDI : Étude expérimentale et modélisation des déplacements collectifs de piétons : *TheseMoussaid.pdf (mehdimoussaid.com)*

DOT

- [1] Mai 2022 : Recherche de travaux particuliers sur le mouvement des foules
- [2] Octobre 2022 : Entretien Visio avec M. Nicolas Bain
- [3] Décembre 2022 : Approfondissement sur la théorie du guidage des foules
- [4] Février-Avril 2023 : Réalisation de la série d'expériences pour l'étude statistique
- [5] Mai 2023 : Analyse des données et résultats obtenus
- [6] Mai 2023 : Comparaison des résultats avec ceux de l'étude de Nicolas Bain