

Compréhension et prédiction des mouvements de foules

L'urbanisation galopante de ces dernières années a créé de nombreuses zones densément peuplées. Les inhérents regroupements d'individus, dans des zones restreintes, créent des dangers qui font de l'analyse des mouvements un sujet d'actualité intéressant.

Dans le thème Santé, Prévention, nous orienterons nos recherches sur la compréhension des mouvements de foules réagissant à un danger, ceci afin de pouvoir éventuellement établir des normes de sécurité sur le nombre de sorties ou la densité admissible dans une enceinte fermée.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

INFORMATIQUE (Informatique pratique), MATHÉMATIQUES (Géométrie), PHYSIQUE (Mécanique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Modélisation informatique</i>	<i>Computer modeling</i>
<i>Vecteurs de déplacement</i>	<i>Motion vectors</i>
<i>Mouvement de foule</i>	<i>Crowd movement</i>
<i>Densité</i>	<i>Density</i>
<i>Facteurs d'encombrement</i>	<i>congestion factors</i>

Bibliographie commentée

En 2008, plus de 50 % de la population mondiale vivait dans des zones urbaines alors que ce pourcentage était de 3.4 % en 1800 [1]. Forcément ce surplus de population devient une source majeure de dangers car des zones aussi restreintes, et pas toujours agencées de manière optimisée, ne sont pas faites pour accueillir autant de monde. Par conséquent, les bousculades sont devenues plus fréquentes et dangereuses. Cependant les mouvements de foules semblent être prévisibles grâce à des études associant les sciences cognitives (description, explication et simulation des différents mécanismes de pensée) et la création de modèles mathématiques. Les sciences cognitives vont permettre d'anticiper le déplacement d'un agent en fonction des informations visuelles dont il dispose. Elles permettent ainsi une modélisation plus réaliste des comportements sociaux collectifs.[6]

Mon objectif est de créer un modèle informatique permettant de simuler l'évolution d'une population dans une zone fermée.

Les individus seront repérés par leurs coordonnées cartésiennes dans des tableaux Numpy [5]. Initialement, on générera la position des agents de manière aléatoire.

Le nombre de sorties, la taille et la densité de la salle pourront être paramétrés.

La modélisation mathématique et informatique d'une foule existe sous deux grands axes.

Un, microscopique où chaque individu est représenté comme un grain solide. Dans ce modèle, toutes les configurations ne seront pas permises. En effet, les grains ne peuvent pas se chevaucher et il arrive que les interactions engendrent des blocages. (Ce phénomène, présent en mécanique des fluides, se retrouve dans les silos)[8]

Cependant une foule, à grande échelle devrait s'écouler, selon des règles qui doivent dépendre peu des interactions comportementales entre les agents. C'est le modèle macroscopique où, cette fois-ci, la foule est représentée comme une entité dont l'évolution est semblable à celle d'un fluide.[7]

Un évènement traumatisant, nommé danger, survient et provoque un déplacement de foule. Pour créer le vecteur mouvement de chacun des individus, on peut faire intervenir deux composantes.

- L'une liée au désir de gagner au plus vite la sortie la plus proche repérée.
- L'autre conséquence du souhait de s'éloigner au plus vite du danger. [2]

On veut également prendre en compte les potentielles blessures provoquées par les inévitables rapprochements de trajectoires ceci en quantifiant le nombre de bousculades. [3]

De plus, il apparaît essentiel de modéliser correctement les facteurs d'encombrement au niveau des différentes issues de secours [4].

Problématique retenue

Prévoir et sécuriser le mouvement d'une foule d'individus dans un lieu clos.

Objectifs du TIPE

- Estimation du temps d'évacuation en comptant le nombre d'itérations nécessaires pour que l'ensemble des individus ait quitté l'enceinte.
- Estimation du nombre de blessés corrélé au nombre de bousculades.
- Détermination d'une valeur de densité à partir de laquelle une situation de blocage peut survenir.
- Pertinence d'augmenter éventuellement le nombre de sorties d'une salle.
- Possibilité de visualiser la position approximative de chaque agent présent dans la foule
- Modéliser au mieux les effets "d'arche" de blocage. A cette effet, une expérimentation physique a été mise en œuvre avec la fabrication d'une maquette.

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] [HTTP://FR.WIKIPEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=URBANISATION&ACTION=HISTORY](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Urbanisation&action=history) : Urbanisation : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Urbanisation>
- [2] [HTTP://FR.WIKIPEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=FOULE&ACTION=HISTORY](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Foule&action=history) : Foule : <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Foule&oldid=187566807>
- [3] [HTTP://FR.WIKIPEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BOUSCULADE&ACTION=HISTORY](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Bousculade&action=history) : Bousculade : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Bousculade>
- [4] BERTRAND MAURY : Modélisation de mouvements de foules : <http://images.math.cnrs.fr/Modelisation-de-mouvements-de-foules?lang=fr>
- [5] DAVID CASSAGNE : Tableaux et calcul matriciel avec NumPy : <https://courspython.com/tableaux-numpy.html>
- [6] [HTTPS://FR.WIKIPEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=SCIENCES_COGNITIVES&ACTION=HISTORY](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Sciences_cognitives&action=history) : Sciences cognitives : http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Sciences_cognitives&oldid=187028286
- [7] DENIS BARTOLO, ARTE : Un marathon et l'hydrodynamique, c'est quoi le rapport ? : <https://leblob.fr/videos/marathon-et-hydrodynamique-c-est-quoi-le-rapport>
- [8] BELLO LÉA : Comment modéliser une foule mathématiquement ? : <https://images.cnrs.fr/video/6719>

Références bibliographiques (ETAPE 2)

- [1] AUDE ROUDNEF : Modelisation macroscopique de mouvements de foule : *NNT : 2011PA112304* / <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00678596/document>

DOT

- [1] (Octobre) Etude d'une file d'attente qui a par la suite donné lieu à la création d'un modèle 1D (projet qui a permis l'entrée en matière de la création des modèles liés aux mouvements de foule).
- [2] (Novembre) Recherches et réflexions aboutissant aux paramètres permettant de régir les déplacements d'un individu désirant quitter une enceinte au plus vite tout en étant soumis au traumatisme d'un événement.
- [3] (Décembre) Premier modèle 2D représentant une foule et évaluation des résultats sous forme de graphique notamment en utilisant la bibliothèque python: *matplotlib*.
- [4] (Janvier) Fabrication d'une maquette permettant la représentation physique des mouvements de foule et première observation des effets d'arche.
- [5] (Février) Achèvement du modèle informatique final avec des améliorations au niveau de la gestion des facteurs d'encombrement au niveau des différentes issues de secours.
- [6] (Mars) Evaluation des derniers résultats que l'on peut obtenir grâce au modèle de février (et abandon du modèle 1D dans la présentation finale car il est trop éloigné du sujet).