

Modéliser les mouvements de foules afin de jauger les risques de haute densité de population dans un espace restreint.

Les mouvements de foules peuvent être très dangereux et meurtriers, il est donc important de pouvoir les comprendre et de prendre les mesures nécessaires pour réduire leurs risques; de plus, je trouvais intéressant de modéliser informatiquement le comportement humain.

En ville, il y a une grande concentration de population, les hautes densités de foule y sont donc probables. De plus, les événements rassemblant un grand nombre de personnes se produisent généralement en ville.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

<i>automate cellulaire</i>	<i>cellular automaton</i>
<i>foule</i>	<i>crowd</i>
<i>simulation informatique</i>	<i>computer simulation</i>
<i>évacuation</i>	<i>evacuation</i>
<i>obstacle</i>	<i>obstacle</i>

Bibliographie commentée

Il existe différentes méthodes pour modéliser une foule. Tout d'abord, les modèles macroscopiques considèrent la foule comme un tout et non pas comme un ensemble d'individus. Les modèles statistiques s'inspirent de la dynamique des fluides ou des gaz, ils dépendent de l'observation du réel et ne sont donc applicables qu'à une situation observée, mais la méthode de calcul des trajectoires est efficace. Enfin, les modèles de flots modélisent l'espace comme un champ de potentiels, de forces qui agissent sur les individus et leur vitesse. Ce type de modèle est déterministe, les informations contenues dans le champ de potentiel sont stationnaires, cette méthode est efficace si les individus ont un objectif commun.[2]

Les modèles microscopiques quant à eux considèrent la foule non pas comme un tout, mais comme un ensemble d'individus. Parmi ce type de modèles, il y a les modèles basés force. Différentes forces influent sur les individus (influence des piétons à proximité, ...), cette méthode de calcul est efficace mais manque souvent de réalisme. Les modèles géométriques prédisent pour chaque individu leur future position, puis leur trajectoire est ajustée pour éviter les chocs, pour cela, leur trajectoire est approximée par une droite ou une courbe. Les modèles basés données sont mis en place en récoltant des données, à partir d'analyse de vidéos par

exemple, puis ces données sont fournies à une IA. Ce type de modèle dépend également de l'analyse du réel. La modélisation selon un automate cellulaire consiste à discrétiser l'espace en cases dans lesquelles le piéton peut se déplacer. On affecte par la suite à chaque case une certaine probabilité (en fonction des facteurs pris en compte). Cette méthode est efficace, cependant, à l'échelle microscopique, la discrétisation de l'espace amène à un manque de précision. Enfin, il y a les modèles à bases de règles, le mouvement d'une foule est simulée en faisant évoluer les piétons selon certaines règles (chaque piéton essaie d'atteindre sa vitesse optimale,...).[2,4]

À partir de ces modélisations et d'expériences, plusieurs conclusions ont été tirées sur les façons de limiter les risques en présence d'une foule importante. Tout d'abord, placer un obstacle devant une sortie ou devant un espace où le piéton entrerait dans un endroit plus restreint fluidifie la foule [6] et permet un passage plus rapide d'un endroit à l'autre. Cette méthode permet donc de limiter la congestion de la foule. Ces obstacles sont généralement des piliers, mais un large panneau semblerait plus efficace. De plus, plus la foule est stressée, plus elle essaie de sortir rapidement, moins l'évacuation est rapide. Un des effets qui cause cela est l'effet « stop and go ». A cause de l'importante congestion, les piétons stoppent régulièrement puis reprennent leur trajectoire, cet effet ralentit la foule et peut également être observé dans le cas des embouteillages, et a la même conséquence.

Lors d'une évacuation, plusieurs facteurs psychologiques et sociaux influencent les choix des individus. Parmi les facteurs sociaux, il y a tout d'abord les liens avec les autres personnes présentes (famille, amis, ...), mais également la tendance des individus à rester en groupe et parfois à suivre un leader (considéré dans certaines modélisations) [3]. La propension au stress et la vigilance influent également sur l'évacuation. Lors d'une alerte, un des effets les plus observés est cependant le temps de réaction de chaque individu, il y a un temps de latence entre la réception de l'information et l'action. Un autre est la familiarité avec les lieux, une personne familière avec l'endroit où se produit l'évacuation aura tendance à prendre son chemin habituel pour évacuer.[1]

Problématique retenue

Comment les modélisations peuvent-elles nous permettre de réduire les risques de mouvement de foule ou de foule compacte ?

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose:

- de sélectionner des facteurs, qui seront considérés dans les simulations, influençant le mouvement d'une foule
- de réaliser un automate cellulaire pour modéliser le mouvement d'une foule en fonction de différents obstacles et placements, et d'analyser les densités et fluidités de foule observées
- de réaliser une modélisation avec un espace non discrétisé pour évaluer les temps d'évacuation

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] PROJET NATIONAL DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT, INGENIERIE DE LA SÉCURITÉ INCENDIE : Sécurité des personnes, comportement humain : 15 octobre 2012, Annexes 3 et 4, <http://www.pn-isi.fr/Rapports/A17-Comportement%20Humain%20Mouvement%20Des%20Personnes.pdf>
- [2] S LEMERCIER : Simulation du comportement de suivi dans une foule de piétons à travers l'expérience, l'analyse et la modélisation : *Thèse pour le grade de docteur à l'université Rennes 1, 2012*, <https://theses.hal.science/tel-00724072v1/document>
- [3] LE BON GUSTAVE : Psychologie des foules : *Éditions BoD -Books on Demand*, réédition réalisée d'après la 40ième édition de 1937
- [4] J VENEL : Modélisation mathématique et numérique de mouvements de foule : *thèse présentée pour obtenir le grade de docteur en sciences de l'université Paris XI, 2008*, <https://theses.hal.science/tel-00346035/document>
- [5] L JI, Y QIAN, J ZENG, M WANG, D XU, Y YAN, S FENG : Simulation of Evacuation Characteristics Using a 2-Dimensional Cellular Automata Model for Pedestrian Dynamics : *Hindawi Publishing Corporation, Volume 13, Article ID 287421, 2013*
- [6] C FELICIANI, I ZURIGUEL, A GARCIMARTÍN, D MAZA, K NISHINARI : Systematic experimental investigation of the obstacle effect during non-competitive and extremely competitive evacuations : *Nature, Article number: 15947, 2020*

DOT

- [1] : Début octobre 2022 - Choix du sujet et de la première modélisation naïve, début de la programmation
- [2] : Fin novembre 2022 - Problèmes d'évitements d'obstacles non réglés à ce jour dans la première simulation, ceux-ci ne semblent pas cependant impacter les trajectoires et les congestions de manière importante
- [3] : Fin décembre 2022- Réalisation des limites de la première modélisation en terme de nombre de personnes simulées, mise en place de la deuxième modélisation : l'automate cellulaire
- [4] : Mars 2023 - Détermination empirique (en observant la simulation) et intuitive des formules des scores/probabilités associés à chaque cases de l'automate cellulaire
- [5] : Mi-avril 2023 - Début de la mise en place de modélisations précises et d'analyse des congestions et des fluidifications de foule