

Modélisation du mouvements de la foule

Lors de la recherche d'un sujet Tipe, j'ai trouvé un article portant sur les victimes d'un incendie, et je me suis posé la question: comment les gens réagissent dans une situation de panique, et c'est ainsi que j'ai décidé de modéliser le mouvement d'un groupe de personne.

la modélisation du mouvement de la foule s'inscrit dans le thème: les enjeux sociétaux particulièrement en sécurité, car il a comme but de prévoir le mouvement des personnes lors d'un situation de panique, ce qui aide a améliorer les mesures de sécurité dans les futurs constructions et aménagement publiques.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

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

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Simulation</i>	<i>Simulation</i>
<i>Foule</i>	<i>Crowd</i>
<i>Interaction sociale</i>	<i>Social interaction</i>
<i>Comportement collectif</i>	<i>Collective behavior</i>
<i>Evacuation d'urgence</i>	<i>Emergency evacuation</i>

Bibliographie commentée

La modélisation du mouvement de la foule est un sujet qui excite de plus en plus les chercheurs depuis les années 1990 à cause de divers accidents qui ont emportés la vie des centaines en situation de panique, en 2015 une bousculade a causé la mort de 362 musulmans à La Mecque. L'importance des enjeux sécuritaires liés à ce mouvement de foule motive donc ma recherche sur ce sujet.

En effet : 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. Alors comprendre le mécanisme des mouvements de la foule et prévoir leur réaction permettrait de mieux calibrer le nombre et la taille des voies d'évacuation, ou d'adapter le positionnement des agents de sécurité pendant l'organisation des évènements ou dans les futures constructions publiques, afin d'offrir une qualité de sécurité optimale à leurs usagers.

Le mode de représentation est le critère selon lequel j'ai classé les différentes approches existantes, les modèles dits 'macroscopique' (Henderson 1971, Bodgie 2007 ...) [2] et d'autres modèles dits 'microscopiques'.

Ils existent deux modèles 'macroscopique' : modèle de régression et modèles de dynamique des fluides de gaz. Ces modèles ne sont pas très adaptés à la foule, car les caractéristiques de chaque piéton ne sont pas prises en compte (position, direction...). J'ai choisi donc de travailler sur un modèle 'microscopique' où le mouvement de chaque individu est représenté dans le temps et dans l'espace : (Reynolds 1987, Helbing et al 1995, Blue et al 2000), parmi ces modèles :

Le modèle à base des règles ‘Rule-Based’ introduit par Reynolds en 1987 [6] qui s’est inspiré par le mouvement des groupes des animaux pour en déduire 3 règles à respecter pour modéliser la foule. Ce modèle n’est pas adapté aux foules trop denses, car il ne prend pas en considération collisions entre les piétons.

Le modèle mathématique de Venel [1], ce modèle est obtenu par une analogie avec les interactions granulaires. Il est adapté aux foules denses dans les situations d’évacuation, il a comme avantage le respect de la condition d’absence de chevauchement entre les piétons, mais il ne prend pas en compte la masse des piétons, le contact entre les piétons et le contact avec des obstacles dans les zones de pression sont inélastique.

J’ai donc choisi de travailler sur un modèle plus efficace : le 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.

J’ai représenté chaque individu par un disque qui a une vitesse souhaitée différente de sa vitesse réelle, soumis aux forces citées précédemment, les applications de ce sujet étant diverses, j’ai choisi de travailler sur l’exercice de l’évacuation en cas d’urgence, pour cela j’ai développé une simulation numérique de ce modèle, le programme se décompose en plusieurs étapes, initialement la définition des caractéristiques des piétons de l’espace d’étude et des données initiales , puis l’introduction de la force d’accélération et de celle du contact dont la détermination est faite en 3 étapes : la détection du contact puis le traitement du mouvement et enfin la détermination des nouvelles positions. Ensuite une simulation d’évacuation en cas d’ajout d’obstacles est effectuée pour finir par une conclusion et un commentaire du modèle étudié en se basant sur les résultats numériques obtenus.

Problématique retenue

Quelles sont les lois essentielles qui gèrent le mouvement de la foule ? Comment développer un algorithme qui modélise le comportement des piétons dans une situation de panique de façon à obtenir des résultats similaires à ceux observés dans la vie réelle ?

Objectifs du TIPE

Proposer un modèle 2D discret de mouvement de la foule capable d’une part de gérer les interactions entre les piétons et ceux entre piétons et obstacles et développer un programme qui modélise le comportement des piétons dans une situation de panique .

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] J.VENEL : Modélisation mathématique des mouvements de foule : <http://thesesups.univ-tlse.fr/1118/>
- [2] AUDE ROUDNEF : Modélisation macroscopique de mouvements de foule : <https://www.yumpu.com/fr/document/read/16906871/modelisation-de-mouvements-de-foule>

- [3] MOUFIDA BENCHABANE : Une nouvelle approche de modélisation des structures de groupe d'une foule des piétons : <http://thesis.univ-biskra.dz/855/>
- [4] 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?enrichId=rgreq-5383898c346d94ed14baa661b0d83588-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzIyNDAxMDg3MDtBUzoMDMwNTg4MzkxNzkyNjVAMTQwMTU4MjU1MDIxMA%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf
- [5] MEHDI MOUSSAÏD : Étude expérimentale et modélisation des déplacements collectifs de piétons : <https://scanr.enseignementsup-recherche.gouv.fr/publication/these2010TOU30241>
- [6] <https://www.red3d.com/cwr/boids>
- [7] <http://images.math.cnrs.fr/Modelisation-de-mouvements-de-foules>

DOT

- [1] *Juillet 2020: choix du premier sujet qui avait comme but réduire le coefficient de trainé de l'air sur l'avion ce qui permet d'économiser le Kérosène responsable des émissions de gaz à effet de serre.*
- [2] *Septembre 2020: choix de ne plus traiter ce sujet à cause du manque de matériel nécessaire pour effectuer l'expérience dans mon lycée.*
- [3] *Octobre 2020: réorientation vers le domaine de sécurité, et la découverte de la modélisation du mouvement de la foule.*
- [4] *Novembre 2020: nombreuses recherches précises effectuées afin de savoir tous les modèles existants et choix du modèle des forces sociales.*
- [5] *Décembre 2020: traitement de l'étude théorique et simplification du modèle.*
- [6] *Janvier/Mai 2021: développement des programmes permettant de simuler le mouvement des piétons.*
- [7] *Mai 2021: réalisation d'une série d'application du modèle et réponse a la problématique.*