27087 BOES Rémi

Optimisation de la configuration d'une pièce lors de l'évacuation d'une foule

Curieux de comprendre comment optimser une pièce pour l'évacuer la plus rapidement possible, je me suis intéressé à différents modèles informatiques qui permettront de rendre compte de divers spécificités du problème.
Cette étude s'inscrit dans le thème "Santé et Prévention" puisque l'évacuation optimisée de foule fait partie de la prévention de risques nottament en cas d'incendies ou d'attentats, ainsi qu'en cette période de pandémie permettre d'éviter des zones de congestions et donc des risques de contamination accrues.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

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

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	**Mots-Clés** (en anglais)
Evacuation	*Evacuation*
Foule	*Crowd*
Modélisation	*Modeling*
Congestion	*Congestion*
Minimalisation	*Minimalization*

Bibliographie commentée

Au premier abord, les mouvements de foules se prêtent assez peu à la démarche de modélisation mathématique. Les tendances peuvent être très variables d'un individu à l'autre, le comportement d'un individu donné est lui-même peu prévisible, et le grand nombre d'individus potentiellement en interaction rend difficile une formalisation rigoureuse de ces phénomènes. Cependant depuis la fin du 20me siècle, de nouveaux modèles sont apparus sur deux niveaux d'études, macroscopiques et microscopiques. **[1]**

Les premiers modèles furent macroscopiques de par leur simplicité de construction, la foule étant considérée dans son ensemble. Ces modèles font l'analogie entre la foule et un gaz ou un fluide. Un des premiers modèles fonctionnelles de modélisation de foule est celui d'Hendersen, la foule est assimilée à un gaz parfait, et chaque particule subit des mouvements Browniens. Les résultats permettent de tirer des conclusions interessentent pour des foules de grande taille afin d'avoir une estimation du mouvement global. **[1]**

Cependant afin d'analyser les situations de manières plus précises, de nouveaux modèles microscopiques sont apparus. L'étude est menée à l'echelle de l'individu. Ils sont plus proches de la réalité mais deviennent plus couteux lorsque le nombre de paramètres (nombre d'individus, taille de la pièce d'étude, discrétisation fine de l'espace et du temps) augmente. Le premier étudié est un modèle d'automates cellulaires où l'espace de l'étude est représenté par une grille de cellules uniformes, chaque cellule à un état locale qui dépend d'un ensemble de règles décrivant le comportement des individus. Ces règles calculent l'état d'une cellule particulière en fonction de son état précédent et des états des cellules adjacentes. On obtient de ce fait un modèle d'espace et de temps discrétiser. **[1][3]**

Cependant les intéractions entre individus n'étant pas pris en compte, celà nous emmene au deuxième modèle d'étude, celui du flot de gradient. L'espace est continu et le principe du modèle se base sur la minimalisation des distances géodesiques des individus à la sortie sous la contrainte de congestion, celle pour laquelle les individus ne doivent pas se chevaucher. **[2][3]** Pour déterminer les distances géodésiques on utilise la méthode de Fast Marching similaire à l'algorithme de Dijkstra permettant de déterminer le chemin le plus optimal dans un graphe. **[4]** La contrainte de congestion du problème nécessite que les vitesses appartienent à l'ensemble des vitesses admissibles satisfaisant la contrainte de congestion, de manière à ce que les nouvelles vitesses ne fassent pas se chevaucher des individus entre eux. Pour les déterminer, il faut donc projeter les vitesses spontanées sur cette ensemble et afin de réaliser cette projection on emploie l'algorithme de Uzawa, algorithme d'optimisation avec contrainte. **[5]**

L'analogie de certains modèles macroscopiques au systeme hydraulique a permit de mettre en évidence que tout comme l'on brise une vague en amont des côtes pour diminuer son intensité, rajouter des obstacles devant les sorties permet de " briser la foule " et ainsi diminuer la congestion. Il semble alors important d'analyser quelles sont les meilleures obstacles pour diminuer au mieux les congestions.

Problématique retenue

L'optimisation de l'évacuation d'une pièce demande de mettre en place des modèles permettant de rendre compte du mouvements des individus, qui n'auront pas le même chemin selon les différentes configurations de la pièce étudiée. Quelle configuration interne est alors la plus performante afin d'évacuer le plus rapidement possible ?

Objectifs du TIPE

Je me propose de :

- Mettre en place différents modèles d'évacuation.
- Mettre en avant leurs fonctionnements et leurs spécificités.
- Comparer à l'aide de configurations différentes de pièces par l'ajout d'obstacles, la rapidité et l'efficacités de ceux-ci.
- Comparer les modèles sur la compléxiter de ceux-ci en faisant varier les paramètres de modélisation

Références bibliographiques (ETAPE 1)

[1] AUDE ROUDNEFF-CHUPIN : Modélisation macroscopique de foule : *Faculté des Sciences* *d'Orsay. Université Paris Sud. 2012. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00678596/document*

[2] Bertrand MAURY - Juliette VENEL : Un modèle de mouvement de foule : *Laboratoire de Mathématiques. Université Paris XI. 2009. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00350815/document*

[3] Mathieu CARON - James CROSS - Jonathan GAUTHIER - Maxime LOIL - Guillaume MIANNE - Rémy PERRON : Réaction d'une foule dense face à un danger ponctuel : *Ecole polytechnique. Université Paris Saclay. 2018. http://www.th.u-psud.fr/page_perso/Appert/Perce-Foule/Rapport_PHY13.pdf*

[4] Dieuwertje Alblas : Implementing and Analysing the Fast Marching Method : *University of Twente. 2018. https://essay.utwente.nl/75601/1/Alblas_BA_EWI.pdf*

[5] Luca Amodei : M1 MApI3 - UE OPTIMISATION - Support de cours : *Université de Toulouse. 2017. https://perso.math.univ-toulouse.fr/lamodei/files/2012/04/polyMApI3.pdf*