

Etude de l'influence des facteurs psychologiques sur les mouvements de foule: exemple d'extension du modèle de force sociale.

Les villes étant en perpétuelles croissance et densification, la modélisation des mouvements de foule a davantage de défis à relever. A la découverte de certains modèles, je me suis rendu compte que l'on n'accordait pas assez d'importance à l'aspect humain du problème et l'idée m'est venue de le faire.

Modéliser les mouvements de foule est susceptible d'aider à prévoir les besoins en matière de sécurité et de gestion des grands événements, ainsi qu'à mieux cerner situations d'urgence et évacuations ; et considérer les facteurs psychologiques propres à l'Homme aboutirait certainement à une meilleure appréhension des dynamiques de la ville.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Mécanique)*
- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

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

<i>Mouvements de foule</i>	<i>Crowd movements</i>
<i>Modélisation</i>	<i>Modeling</i>
<i>Modèle de force sociale</i>	<i>Social force model</i>
<i>Facteurs psychologiques</i>	<i>Psychological factors</i>
<i>Force de groupe</i>	<i>Group force</i>

Bibliographie commentée

L'intérêt porté à la modélisation des mouvements de foule remonte à la fin du XIXe siècle avec des travaux de mathématiciens et de physiciens tels Henri Poincaré et Wilhelm Conrad Röntgen [1]. Les avancées technologiques dans les domaines de l'informatique et de la modélisation ont permis de développer des modèles de plus en plus complexes et précis au cours des décennies suivantes. Aujourd'hui, ces modèles sont utilisés dans diverses applications parmi lesquelles la planification des événements publics, la gestion des évacuations d'urgence et la conception de systèmes de transport sont les plus communes ; et les défis liés à ce domaine sont d'autant plus importants que les villes continuent à croître et à se densifier, toujours dans l'optique d'éviter à tout prix les catastrophes engendrées par certains rassemblements.

Dans ses travaux, D. Helbing [2] considère les personnes comme des particules dotées de caractéristiques telles la vitesse et la position dans le cadre d'une approche microscopique du mouvement de foule. Chacune de ces particules est soumise à un ensemble de forces régissant

son mouvement au sein du rassemblement : une force motrice modélisant ce qui motive la personne à avancer et des forces de répulsion qui évitent à cette personne _particule_ tout type de collision avec les autres personnes ou les obstacles de la pièce considérée. Ce modèle, dit de force sociale, utilise l'équation obtenue par application du principe fondamental de la dynamique comme support de ses simulations et permet de prévoir des scénarios potentiellement dangereux ainsi que d'aider à mieux gérer les situations de crise.

Les personnes étant vues comme des particules, l'aspect humain du problème _qui est certainement un des plus importants_ n'est pas tout à fait représenté. En s'inspirant des expressions de nouvelles forces proposées en [3] et [4], il est possible de formuler une extension du modèle de force sociale en modélisant les forces de groupe qui traduisent un résultat de théories de psychologie admis dans cette étude et selon lequel un individu a tendance à rejoindre un groupe lors d'un mouvement d'ensemble plutôt que d'avancer seul.

Ceci étant, on obtient deux équations différentielles par application du principe fondamental de la dynamique au modèle initial et à l'extension. Pour pouvoir établir une comparaison, il va falloir tracer les trajectoires des mouvements régis par ces deux équations ; ce que l'on essaie de faire en s'aidant de méthodes numériques [5] comme la méthode d'Euler dans un premier temps. Le choix de la méthode d'Euler s'est fait pour la simplicité de l'algorithme et son efficacité lorsqu'il est question de résoudre des équations différentielles ordinaires. Cependant d'autres alternatives peuvent être envisagées dans le cas d'un résultat contestable par la méthode d'Euler.

Problématique retenue

Comment est-ce qu'on peut modéliser par une force les facteurs psychiques intervenant dans un mouvement de foule ? Quelle influence l'introduction d'une telle force pourrait-elle avoir sur le modèle de Helbing au niveau des simulations ?

Objectifs du TIPE du candidat

Présenter le modèle de force sociale déjà existant dans la littérature.

Formuler une extension du modèle en introduisant des forces qui traduisent les facteurs psychologiques intervenant dans les mouvements de foule.

Réaliser une implémentation en Python pour générer les allures des trajectoires des deux mouvements (celui du modèle initial et celui faisant intervenir les nouvelles forces).

Etablir une comparaison entre les résultats du modèle et de son extension.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

[1] GEORGE RUDÉ : La foule dans la Révolution française

[2] DIRK HELBING, ILLÉS FARKAS, TAMÁS VISCEK : Simulating Dynamic Features of Escape Panic : https://www.researchgate.net/publication/12295370_Simulating_Dynamic_Features_of_Escape_Panic

[3] MEHDI MOUSSAÏD, NIRIASKA PEROZO, SIMON GARNIER : The Walking Behaviour of Pedestrian Social Groups and Its Impact on Crowd Dynamics : <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0010047&type=printable>

[4] ADRIANA BRAUN, SORAIA R. MUSSE, LUIZ P. L. DE OLIVEIRA, BARDO E. J. BODMANN : Modeling Individual Behaviors in Crowd Simulation : http://gamma.cs.unc.edu/LARGE/papers/individual_behaviors.pdf

[5] BRIAN STOUT : Méthodes numériques de résolution d'équations différentielles : https://www.fresnel.fr/perso/stout/Anal_numer/Cours4.pdf

DOT

[1] : *Septembre 2022 - Octobre 2022* : - *Inspiration de la première référence bibliographique.*

[2] : *Novembre 2022 - Décembre 2022* : - *Première idée de problématique après la découverte du résultat de psychologie sociale énoncé dans la présentation.*

[3] : *Janvier 2023 - Mars 2023* : - *Implémentation des codes Python et visualisation concrète de quelques erreurs de raisonnement sur les courbes obtenues.*

[4] : *Avril 2023* : - *Correction des codes.*

[5] : *Mai 2023 - Début Juin 2023* : - *Finalisation de la présentation.*