

## **Simulation microscopique de foule grâce aux forces sociales en respectant les contraintes de distances sanitaires**

La dynamique des foules regroupe des phénomènes complexes, souvent même contre-intuitifs, et la simulation informatique permet de mieux les appréhender. C'est pourquoi aujourd'hui certaines entreprises, et également certains chercheurs, usent des avantages qu'elle apporte.

Plusieurs entreprises utilisent aujourd'hui la simulation de foule afin de prévisualiser le trafic piétonnier sur certains sites accueillant du public. Ces simulations servent à organiser ces sites, afin notamment de prévenir des dangers des mouvements de panique, ou pour réduire l'impact des contraintes de distanciation physique.

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- COMBARY Hugo

### **Positionnement thématique (ETAPE 1)**

*INFORMATIQUE (Informatique pratique), MATHÉMATIQUES (Mathématiques Appliquées), INFORMATIQUE (Informatique Théorique).*

### **Mots-clés (ETAPE 1)**

<b>Mots-Clés (en français)</b>	<b>Mots-Clés (en anglais)</b>
<i>mouvements de foule</i>	<i>crowd movements</i>
<i>simulation informatique</i>	<i>computer simulation</i>
<i>méthode microscopique</i>	<i>microscopic method</i>
<i>forces sociales</i>	<i>social forces</i>
<i>distanciation sociale</i>	<i>social distancing</i>

### **Bibliographie commentée**

L'étude de la dynamique des foules vise à déterminer les mouvements et interactions d'un grand nombre d'individus. De telles études se font d'abord par une recherche théorique des lois régissant une foule, puis ont généralement pour but de simuler informatiquement ces foules [7].

Ainsi, nous pouvons constater l'utilisation de cette science dans de nombreux domaines ; dans l'étude des mouvements de masse d'animaux, de l'encombrement moléculaire [3], mais plus souvent dans des questions d'urbanisme. Certaines sociétés vendent alors leurs services de simulation de foule, afin de déterminer, dans des espaces publiques, les risques des mouvements de panique, ou bien encore l'impact sur les flux piétonniers des contraintes de distanciation sociale [1][2].

Deux modèles principaux peuvent être utilisés pour la modélisation de foule : la modélisation

macroscopique et la modélisation microscopique [4][6]. Dans une modélisation macroscopique, nous étudions la foule dans sa globalité, et nous l'assimilons, par son comportement et les forces qui la régissent, à un fluide s'écoulant. Nous allons dans ce travail nous concentrer sur la seconde modélisation, la modélisation microscopique. Ici, nous étudions chaque individu de la foule, et regardons l'impact des autres individus ainsi que des obstacles sur ce sujet [4][7]. Nous allons simuler ces interactions, avec l'utilisation de forces issues de l'environnement d'un individu, qui vont impacter la trajectoire de ce dernier. Ces forces peuvent correspondre à un phénomène de cohésion de groupe, de prise de distance entre différents individus, à la volonté d'un individu de suivre une trajectoire spécifique, ou encore bien d'autres choses. Ce type de force est appelé force sociale [4][6][7].

Ces forces sociales peuvent donc dans un premier temps être modélisées par la volonté propre de chaque individu représentée à l'aide d'un potentiel qui varie en fonction de l'environnement et qui en utilisant la méthode du gradient [5] permet de déterminer l'influence de l'environnement sur les individus. En effet, les individus vont avoir tendance à suivre la pente du gradient pour aller des zones peu attractives voir dangereuses, vers les zones attirantes par exemple une sortie en cas d'évacuation. On fait ainsi l'hypothèse assez forte que les individus ont la possibilité de savoir à quel endroit se trouvent les zones qu'ils cherchent à atteindre et celles qu'ils cherchent à fuir.

Pour rendre la simulation la plus réaliste possible, il est aussi nécessaire de pouvoir évaluer l'évolution des forces sociales en fonction du contexte, c'est à dire en fonction de la densité de la foule et de la nervosité des individus que l'on peut modéliser par un coefficient d'impatience [7]. Il est aussi nécessaire de savoir comment les individus se comportent quand aucune contrainte n'est exercée, afin de déterminer leurs vitesses souhaitées [6][7]. Enfin, certaines données pourront nous être utiles, par exemple à quelle vitesse moyenne ils se déplacent et à quelle distance ils cherchent naturellement à se tenir les uns des autres [6].

## **Problématique retenue**

Nous allons simuler informatiquement le comportement d'une foule à l'aide d'une approche microscopique, en utilisant le principe de force sociale. Nous prendrons également en compte dans cette simulation les contraintes dues à la distanciation sociale.

## **Objectifs du TIPE**

- 1- Simuler la trajectoire d'un individu seul, uniquement soumis à l'influence de points répulsifs et attractifs.
- 2- Ajout d'obstacles entravant la trajectoire de cet individu dans un premier temps, puis augmentation du nombre d'individus, interagissant alors entre eux, dans un second temps.
- 3- Application avec des valeurs réelles (coefficient de nervosité, tailles et vitesses moyennes des individus, etc...), puis prise en compte de la distanciation sociale.

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] ONHYS : simulateur de foule ONHYS ONE : <https://www.onhys.com/fr/solutions/simulator>
- [2] CGI : utilisation de la simulation de foule pour aider une société à rouvrir après un confinement sous les contraintes de distanciation sociale : <https://www.cgi.com/canada/fr/etudes-de-cas/reinventer/des-simulations-de-foules-aident-une-agence-canadienne-de-transport-planifier>
- [3] TIMOTHY SAUNDERS : The physics of crowds : [www.scienceinschool.org](http://www.scienceinschool.org)
- [4] MOUFIDA BENCHABANE : Une nouvelle approche de modélisation des structures de groupe d'une foule des piétons : *Université Mohamed Khider – Biskra, 2011*
- [5] BERTRAND MAURY : Modélisation de mouvements de foules : *Images des Mathématiques, CNRS, 2011*
- [6] BERTRAND MAURY : Modélisation de la congestion dans les mouvements de foules : *Laboratoire de Mathématiques d'Orsay, Université Paris Sud 11, 2014*
- [7] JULIETTE VENEL : Modélisation mathématique et numérique de mouvements de foule : *Université Paris Sud - Paris XI, 2008*