**Modélisation informatique de foule pour optimiser les évacuations d’urgences**

La dynamique des foules est un domaine d’étude en plein essor et les avancées en modélisation et en simulation permettent de répondre à des défis réels et théoriques majeurs.

L’étude des évacuations d’urgences, couplé à la modélisation informatique, permet de répondre à des problématiques concrètes et actuelles, tel que l’optimisation des bâtiments afin de minimiser le temps d’évacuation d’une foule en cas d’incident.

**Positionnement thématique :**

*Informatique (Informatique Pratique), Physique (mécanique)*

**Mots-Clés :**

**Mots-Clés (en français) Mots-Clés (en anglais)**

*Modélisation de foule Crowd Modelisation*

*Optimisation Optimization*

*Evacuation d’urgence Emergency Evacuation*

*Comportement de la Foule Crowd Behaviour*

*Optimisation par Essaims Particulaires Particle Swarm Optimization*

**Bibliographie commentée (Nav mesh utilise A\* changé avec)**

Une évacuation d’urgence est caractérisé par le fait que des individus doivent quitter un lieu en un minimum de temps afin de fuir un danger imminent ou présent. Elles sont organisés, comme dans le cas d’un incendie dans un établissement recevant du public (ERP), où il convient d’avoir mis en place un protocole d’évacuation en cas d’urgence. En France, on dénombre 460 morts par incendie chaque an dont 85 décès dans des incendies d’entreprises ou d’ERP. Ce pourquoi certaines normes voit le jour en matière de sécurité notamment les normes NF X35-102 visant à définir des espaces minimaux pour chaque employées, ou pour les couloirs afin de faciliter la circulation et l’évacuation[1][2]

Un exemple commun de ce type d’évacuation est celle du 11 Septembre, car elle est l’une des plus spéculaire et grande. L’attentat dénombre 2977 morts et plus de 6000 blessés. Le projet HEED, a durant 3 an et demi, investiguer sur cet attentat en interrogeant 300 survivants pour produire une base de données sur le ressentiment de l’expérience. Ces données sont disponibles à quiconque afin de mettre en place des normes de sécurité dans les bâtiments et un modèle de logiciel pour les évacuations de bâtiments. Ceci dans le but d’éviter de nombreux morts si un tel évènement devait se reproduire.[3]

Des incendies dans de plus petit bâtiments peuvent également être tragique si l’évacuation ne se fait pas efficacement. L’exemple du Beverly Hills Super Club est en cela marquant, 165 personnes trouveront la mort dans un incendie, et cela car l’évacuation n’a pas été efficace. Il y avait seulement 3 sorties, toutes saturés de monde, et une foule bloqué en panique dans l’enceinte du bâtiment en feu.[4]

L’un des premiers théoriciens de la psychologie des foules est Gustave Le Bon qui en 1895 sort le livre Psychologie des Foules. Depuis les avancées dans ce domaine ont permis des modélisations toujours plus précises notamment grâce aux Boids de Craig Reynolds, qui permettaient de reproduire le mouvement d’un vol d’étourneaux. Les déclinaisons des Boids sont nombreuses, et elles ont donné le jour à de nombreux algorithmes de modélisation de foule. Aujourd’hui même pour les logiciels tel que Massive, Miarmy ou Goalem, l’inspiration des Boids reste présente.[5]

L’algorithme d’intelligence distribuée Particle Swarm Optimization ou Optimisation par Essaim Particulaire est un algorithme d’optimisation locale, c’est-à-dire que son objectif est de trouver la valeur minimisant ou maximisant une fonction. Il s’inspire de l’algorithme des Boids pour simuler le déplacement d’un essaim qui explore une fonction souhaitée.[6]

Les particules sont des individus se déplaçant dans un espace données en se basant sur des informations limitées. En connaissant le meilleur point qu’elles ont atteint, et le meilleur point que le reste de l’essaim a atteint, les particules se déplaceront de sorte à trouver le point voulu. On obtient alors un essaim de particules, visant un but commun, dans notre cas, l’évacuation du bâtiment.[7]

L’étude des ces évacuations à déjà mis en évidence certains phénomènes comme l’effet « Faster is Slower » montrant qu’en s’empressant de sortir, les individus finissent fatalement par ralentir l’entièreté du groupe. D’autres scientifiques ont montré que placé un obstacle devant une sortie pourrait notamment atténué les effets de congestion et ainsi faire gagné du temps lors d’une évacuation, ce qui est dans la pratique encore débattu.[8][9]

**Problématique retenue**

L’objectif est de répondre aux questions suivantes : Comment optimiser un bâtiment pour qu’une évacuation d’urgence soit le plus rapide possible ? Quels paramètres sur la foule provoquent des variations du temps de sorties et dans quelles mesures ?

**Objectifs du TIPE**

1. Mettre en place une modélisation numérique d’une foule, à l’aide d’une variante du Particle Swarm Optimization, pour simuler une évacuation d’urgence

2. Trouver des phénomènes qui attenue l’évacuation afin d’optimiser un bâtiment à l’évacuation d’urgence

3. Varier le comportement de la foule, pour identifier les modifications du temps de sorties selon ces paramètres.

**Abstract**

Emergency evacuation causes many deaths and lead to tragic events. This phenomenon is difficult to approach by real experiment because it is considered non-ethical. This is why numeric model could be the best solution to observe crowd evacuation without injure peoples. This will permit to find strategy and optimize an infrastructure to save the most people possible.

**Références bibliographiques**

**[1]** Ministère chargé de l'urbanisme : Normes évacuation pour les ERP <https://entreprendre.service-public.fr/vosdroits/F31684#:~:text=Les%20%C3%A9tablissements%20recevant%20du%20public,admises%2C%20en%20plus%20du%20personnel>.

**[2]** Norme Française NF X 35-102 <https://infosdroits.fr/wp-content/uploads/2012/11/AFNOR-35_102.pdf>

**[3]** Edwin R.Galea, The UK WTC 9/11 evacuation study: An overview of findings derived from first-hand interview data and computer modelling: <https://www.csap.cam.ac.uk/media/uploads/files/1/galea-et-al-2012-wtc-evac.pdf>

**[4]** Infos Pompier : Incendie : L’évacuation du public <https://infopompiers.com/incendie-evacuation-public-erp-entreprise-prevention-guide-file/>

**[5]** Craig W. Reynolds : Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model <http://www.cs.toronto.edu/~dt/siggraph97-course/cwr87/>

## [6] Particle Swarm Optimization James Kennedy' and Russell Eberhart <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/488968>

## [7] Complex systems and AI : Essaim de particules <https://complex-systems-ai.com/algorithmes-dessaims/>

**[8]** When Slower is Faster : Dirk Helbing, Carlos Gershenson<https://www.researchgate.net/publication/279310919_When_slower_is_faster>

# **[9]** Nirajan Shiwakoti : A review on the performance of an obstacle near an exit on pedestrian crowd evacuation <https://www.researchgate.net/publication/329076088_A_review_on_the_performance_of_an_obstacle_near_an_exit_on_pedestrian_crowd_evacuation>