

Modélisation de la panique dans les mouvements de foule

Haïfa Abdelhak

Journées « Systèmes Complexes » Cité des Sciences de Tunis

24 Avril 2012



Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Approches de modélisation ... et limites
- 3 Démarche du travail
- 4 Modèle cognitif de la panique dans les mouvements de foule
- 5 Simulation et résultats
- 6 Conclusion

- 1 Introduction
- 2 Approches de modélisation ... et limites
- 3 Démarche du travail
- 4 Modèle cognitif de la panique dans les mouvements de foule
- 5 Simulation et résultats
- 6 Conclusion

Introduction

- Thèse financée par la région Haute-Normandie
- Thèse encadrée par le professeur Damien Olivier du LITIS et Eric Daudé chargé de recherche au laboratoire de Modélisation, Traitements graphiques en Géographie (MTG)

Introduction

- Modélisation de la mobilité et l'évolution du comportement de foule
- Modélisation des phénomènes de panique

Projet dans le cadre de protection de la population et de la prévention des dommages liés aux variations de l'environnement

Introduction

- Modélisation de la mobilité et l'évolution du comportement de foule

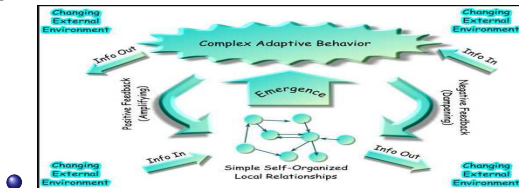


FIGURE: Système complexe.

- Modélisation des phénomènes de panique

Projet dans le cadre de protection de la population et de la prévention des dommages liés aux variations de l'environnement

Introduction

- Modélisation de la mobilité et l'évolution du comportement de foule
- Modélisation des phénomènes de panique

Projet dans le cadre de protection de la population et de la prévention des dommages liés aux variations de l'environnement

Introduction

- Modélisation de la mobilité et l'évolution du comportement de foule
- Modélisation des phénomènes de panique

Projet dans le cadre de protection de la population et de la prévention des dommages liés aux variations de l'environnement

Les verrous scientifiques

Une nouvelle approche de modélisation de la mobilité et de l'influence de la panique sur les comportements et par voie de conséquence les déplacements.

Objectifs

- Modèle d'évacuation des grands édifices
- Modèle de panique

Les verrous scientifiques

Une nouvelle approche de modélisation de la mobilité et de l'influence de la panique sur les comportements et par voie de conséquence les déplacements.

Objectifs

- Modèle d'évacuation des grands édifices
 - Modélisation des flux de déplacements des individus
 - Définition des propriétés d'adaptation émergentes
- Modèle de panique

Les verrous scientifiques

Une nouvelle approche de modélisation de la mobilité et de l'influence de la panique sur les comportements et par voie de conséquence les déplacements.

Objectifs

- Modèle d'évacuation des grands édifices
- Modèle de panique
 - Modélisation du processus de propagation de la panique
 - Définition de l'incidence du comportement de l'individu sur la foule et celui de la foule sur l'individu

- 1 Introduction
- 2 Approches de modélisation ... et limites**
- 3 Démarche du travail
- 4 Modèle cognitif de la panique dans les mouvements de foule
- 5 Simulation et résultats
- 6 Conclusion

Approches de modélisation ... et limites

- Approche de Handerson [1]
 - Déplacements des individus similaires à ceux des gaz et des fluides
- Approche de Helbing et Molnar [2, 3]
 - Modélisation des déplacements par un ensemble de forces sociales
 - $f_i(t) = f_{preferred} + \sum_{j(\neq i)} [f_{ij}^{soc}(t) + f_{ij}^{att}(t)] + \sum_b f_{ib}(t) + \sum_k f_{ik}^{att}(t)$
 - $f_i(t) = f_i(t) + \sum_{j(\neq i)} f_{ij}^{ph}(t)$
- Approche automate cellulaire (Von Newman [4])
 - Individus homogènes
 - Mode de déplacement cellulaire
- Approche multi-agent
 - Approche « Bottom-up » de modélisation des structures sociales
 - Émergence des structures résultats des interactions entre les entités

- 1 Introduction
- 2 Approches de modélisation ... et limites
- 3 Démarche du travail**
- 4 Modèle cognitif de la panique dans les mouvements de foule
- 5 Simulation et résultats
- 6 Conclusion

Panique et processus de diffusion

Dynamique de la panique collective (Crocq [5])

- Phase de préparation
- Phase de choc
- **Phase de réaction**
- Phase de sédation

La panique est une épidémie psychologique (Karl Jaspers [6])

Panique et processus de diffusion

Dynamique de la panique collective (Crocq [5])

- Phase de préparation
- Phase de choc
- **Phase de réaction**
- Phase de sédation

La panique est une épidémie psychologique (Karl Jaspers [6])

Modèle épidémiologique

- Le modèle compartimentale de W. Kermack et de A. McKendrick [7]
- Population divisée en trois compartiments : PSP, NPP et PP
- Transition entre compartiments selon des paramètres de transition

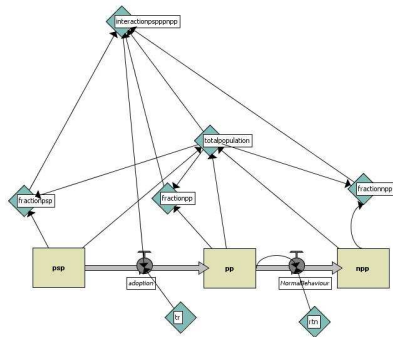


FIGURE: Digramme de Forrester pour la diffusion de la panique.

Modèle Dynamique

Hypothèses :

- Trois compartiments NPP, PSP et PP
- Transition entre les compartiments par les variables de transitions
- Transmission de la panique par contagion aux PSP au contact de PP

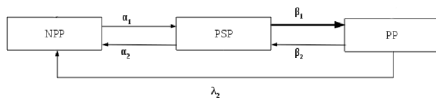


FIGURE: Modèle de diffusion de la panique inspiré du modèle SIR.

Modèle Dynamique

- Décrit la dynamique du système par des équations différentielles
- Décrit la trajectoire du système par la dynamique de ses variables

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -\alpha_1 x + \alpha_2 y + \lambda_2 z \\ \frac{dy}{dt} = \alpha_1 x - \alpha_2 y + (\beta_2 - \beta_1 y) z \\ \frac{dz}{dt} = (\beta_1 y - \beta_2 - \lambda_2) z \end{cases}$$

Équations différentielles ordinaires de dimension trois.

Modèle Individu-Centré

- Approche de modélisation adaptée aux systèmes complexes
- La dynamique de la foule est le résultat des interactions des individus
- Possibilité d'étude et de résolution de phénomène existant dans la réalité



- 1 Introduction
- 2 Approches de modélisation ... et limites
- 3 Démarche du travail
- 4 Modèle cognitif de la panique dans les mouvements de foule**
- 5 Simulation et résultats
- 6 Conclusion

Architecture du modèle

Agent du modèle :

- Entité autonome
- Faculté de perception, d'interprétation et de réaction
- Architecture émotionnelle cognitive

Architecture du modèle

Agent du modèle :

- Entité autonome
- Faculté de perception, d'interprétation et de réaction
- Architecture émotionnelle cognitive

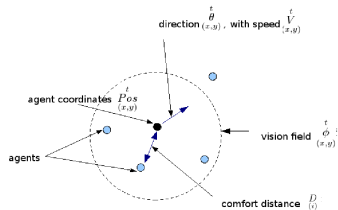


FIGURE: Attributs de l'agent du modèle.

Architecture du modèle

Agent du modèle :

- Entité autonome
- Faculté de perception, d'interprétation et de réaction
- Architecture émotionnelle cognitive

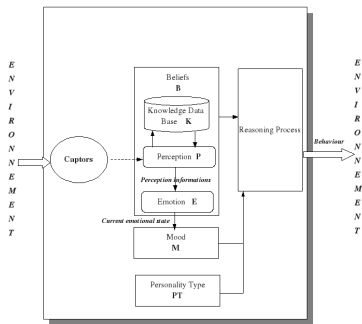


FIGURE: Architecture cognitive de l'agent.

Architecture cognitif de l'agent

- Processus de perception
- Processus émotionnel
- Processus de décision

Architecture cognitive de l'agent

- Processus de perception
 - Trois étapes : sélection, décodage et interprétation
 - Description subjective de l'environnement
- Processus émotionnel
- Processus de décision

Architecture cognitif de l'agent

- Processus de perception
- Processus émotionnel
 - Basé sur la théorie de l'appraisal : Le modèle de Scherer [8, 9]
 - Basé sur trois critères : la pertinence, l'implication et l'adaptation
 - Prise en compte des traits de personnalité des individus
 - Espace tri-dimensionnel de Russel et Mehrabian
- Processus de décision

Architecture cognitive de l'agent

- Processus de perception
- Processus émotionnel
- Processus de décision
 - Interagit avec le processus de perception et le processus émotionnel
 - Basé sur des règles de comportement

Architecture cognitive de l'agent

- Plaisance-non plaisance (+P,-P)
- Implication-non implication (+A,-A)
- Dominance-soumission (+D,-D)

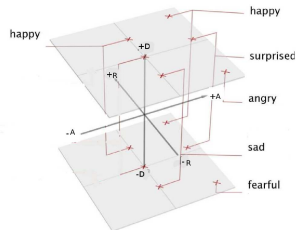


FIGURE: Espace tri-dimensionnel de l'émotion (PAD Space) proposé par Russel et Mehrabian (1977).

La Spatialisation

- Une première couche qui représente l'environnement virtuel
- Une deuxième couche qui représente une segmentation de l'environnement virtuel

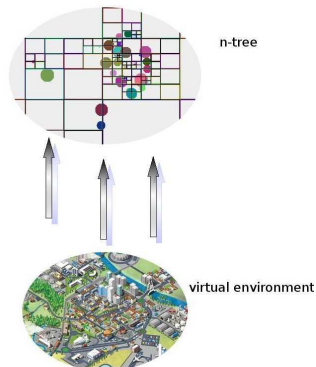


FIGURE: Segmentation de l'espace.

La Spatialisation

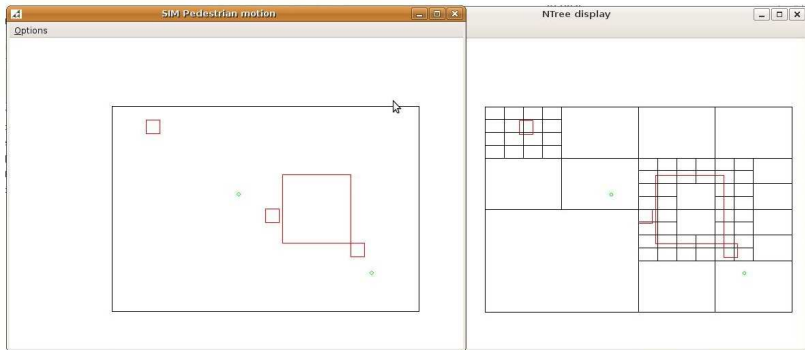


FIGURE: Implémentation de la segmentation de l'espace.

Modèle Individu-Centré

- Calcul du plus court chemin algorithme A*
- Règle d'évitement et non chevauchement
- Variation de la vitesse de déplacement entre la vitesse désirée et vitesse réelle

Modèle Individu-Centré

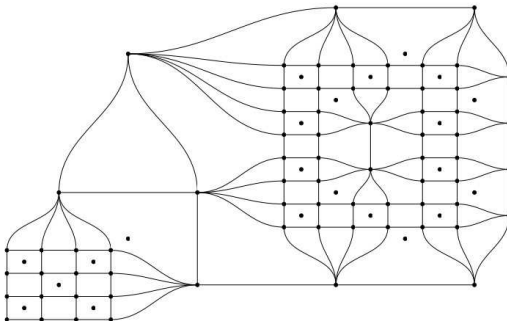


FIGURE: Graphe d'adjacence.

La propagation de la panique

- Contagion des comportements par imitation
- Désactivation du comportement d'attente
- Augmentation de la vitesse de déplacement

- 1 Introduction
- 2 Approches de modélisation ... et limites
- 3 Démarche du travail
- 4 Modèle cognitif de la panique dans les mouvements de foule
- 5 Simulation et résultats**
- 6 Conclusion

Simulation et résultats

- Implémentation sous Netlogo et le modèle émotionnelle avec Repast
- Apparition de comportements émergents
- Influence des comportements individuelles et de la mobilité sur la diffusion de la panique

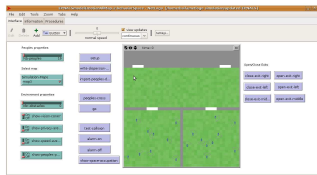


FIGURE: Implémentation Netlogo du modèle.

Simulation et résultats

- Implémentation sous Netlogo et le modèle émotionnelle avec Repast
- Apparition de comportements émergents
- Influence des comportements individuelles et de la mobilité sur la diffusion de la panique

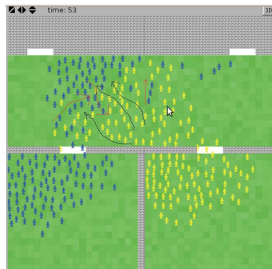


FIGURE: Implémentation Netlogo du modèle.

Simulation et résultats

- Implémentation sous Netlogo et le modèle émotionnelle avec Repast
- Apparition de comportements émergents
- Influence des comportements individuelles et de la mobilité sur la diffusion de la panique

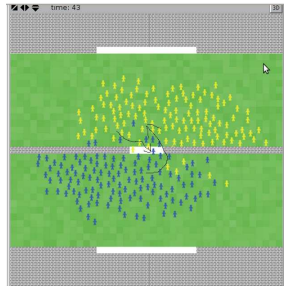


FIGURE: Implémentation Netlogo du modèle.

- 1 Introduction
- 2 Approches de modélisation ... et limites
- 3 Démarche du travail
- 4 Modèle cognitif de la panique dans les mouvements de foule
- 5 Simulation et résultats
- 6 Conclusion**

Conclusion

- Prise en compte des caractéristiques émotionnelles des individus
- Changement des comportements basé sur la personnalité et l'évaluation subjective de l'environnement
- Étude de la mobilité et la diffusion de la panique à deux niveaux d'abstraction
- Renforcement la complémentarité des modèles dynamique et des modèles comportementaux microscopique

Conclusion

Travaux Futurs :

- Finaliser l'approche individu-centrée et l'approche dynamique
- Confronter les résultats des deux niveaux d'abstraction
- Étude de sensibilité des paramètres

Références I



L F Henderson.

On the fluid mechanics of human crowd motion.

Transportation Research, 8(6) :509–515, 1974.



Illés J Farkas Dirk Helbing, Péter Molnar and Kai Bolay.

Self-organizing pedestrian movement.

Environement and Planning B : Planning Design, 28 :361–383, 2001.



Péter Molnar Dirk Helbing, Illés J Farkas and and T. Vicsek.

Simulation of Pedestrian Crowds in Normal and evacuation situations, pages 21–58.

Springer, 2002.



John Von Neumann.

Theory of Self-Reproducing Automata, 1966.



Crocq L, Doutheau, Louville P et al. .

Psychiatrie de catastrophe. Encyclopédie médicochirurgicale, traité de psychiatrie.

Paris, els edition, 1998.



Karl Jaspers.

Psychopathologie générale ; trad. d'après la 3e éd. allemande par A. Kastler et J. Mendousse préf. de jacques Sédat.

Paris, c. edition, 2000.

Références II



W O Kermack and A G McKendrick.

Contributions to the mathematical theory of epidemics.

The Journal of hygiene, 39(3) :271–288, 1939.



K R Scherer.

Appraisal theory.

In T Dalglish and M Power, editors, *Handbook of Cognition and Emotion*, chapter 30, pages 637–663. John Wiley & Sons Ltd., 1999.



K R Scherer.

Appraisal considered as a process of multilevel sequential checking.

In K R Scherer, A Schorr, and T Johnstone, editors, *Appraisal processes in emotion Theory Methods Research*, volume 92, chapter 5, pages 92–120. Oxford University Press, 2001.

Merci pour votre attention